

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
SEBAGAI CATU DAYA LAMPU LALU LINTAS
DI PEKANBARU**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

M. SAHORI
10455026438



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2011**

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI CATU DAYA LAMPU LALU LINTAS DI PEKANBARU

M. SAHORI
10455026438

Tanggal Sidang : 27 Juni 2011

Perioda Wisuda : Juli 2011

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Di Pekanbaru lampu lalu lintas beroperasi menggunakan listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN), sehingga tidak ekonomis dan tidak ramah lingkungan. Tujuan dari tugas akhir ini antara lain menghasilkan rancangan sistem PLTS untuk catu daya lampu lalu lintas di Pekanbaru, menghasilkan sistem kontrol untuk lampu lalu lintas di persimpangan empat dan menghasilkan miniatur sistem PLTS sebagai catu daya lampu lalu lintas dalam skala kecil. Perancangan kontrol untuk lampu lalu lintas menggunakan modul DT-51 LCMS versi 2.0 dengan Mikrokontroler Atmel AT89S51, sedangkan untuk *drive* ke bagian *traffic light* dan *couning down* menggunakan IC 4094. Pada tugas akhir ini perancangan sistem PLTS menggunakan standar IEEE Std 1562-2007 dan IEEE Std 1013-2007 dan data intensitas cahaya matahari diperoleh dari database *Surface Meteorological and Solar Energy* (SMSE) milik *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), Amerika Serikat. Dari hasil perancangan ekonomi biaya listrik PLN jauh lebih besar dari biaya sistem PLTS, dimana biaya listrik PLN sebesar Rp. 649.651.200 dan biaya sistem PLTS sebesar Rp. 131.500.000 selama umur investasi 20 tahun. Sedangkan dari hasil pembuatan miniatur menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik, dan dapat di implementasikan ke yang sebenarnya. Pembuatan miniatur yang telah dirancang dengan spesifikasi panel surya 10 Watt, BCR 10A-12V DC dan baterai 12V DC 5Ah telah berhasil diuji coba.

Kata kunci : IEEE, Mikrokontroler AT89S51, PLTS, *Traffic light*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang	I-1
1.2. Rumusan masalah	I-3
1.3. Batasan masalah	I-3
1.4. Tujuan	I-3
1.5. Metode penelitian	I-4
1.5.1. Tahapan penelitian	I-5
1.5.2. Pembuatan miniatur.....	I-5
1.6. Sistematika penulisan	I-6

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Sejarah PLTS di Indonesia	II-1
2.2. PLTS	II-1
2.2.1. Prinsip kerja PLTS	II-2
2.2.2. Manfaat PLTS	II-3

2.2.3.	Keuntungan dan kelemahan PLTS	II-4
2.3.	Komponen PLTS.....	II-5
2.3.1.	Sell surya (solar cell).....	II-5
2.3.2.	<i>Battery Charge Regulator</i> (BCR)	II-7
2.3.3.	Baterai	II-8
2.4.	<i>Controller</i> dan <i>driver</i> untuk lampu lalu lintas	II-9
2.4.1.	DT-51 LCMS versi 2.....	II-10
2.4.2.	Pengenalan mikrokontroler AT 89S51	II-13
2.4.3.	IC 4094	II-15
2.5.	Beban	II-17
2.5.1.	Lampu <i>traffic light</i> menggunakan TL (LEAD)	II-17
2.5.2.	7 (seven)-Segment (counting down) menggunakan LED	II-17
2.6.	<i>Driver</i> lampu <i>traffic light</i>	II-18
2.6.1.	<i>Driver</i> untuk <i>traffic light</i> LED	II-18
2.6.2.	<i>Driver</i> LED	II-19
2.7.	<i>Basic Compiler</i> (BASCOS-8051)	II-20
2.7.1.	Bagian-bagian BASCOS-8051	II-20
2.7.2.	Karakter dalam BASCOS	II-21
2.7.3.	Tipe data	II-22
2.7.4.	Variabel	II-22
2.7.5.	Alias	II-23
2.7.6.	Konstanta	II-24
2.7.7.	<i>Array</i>	II-24
2.7.8.	Operasi dalam BASCOS.....	II-25

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1.	Pendahuluan	III-1
3.2.	Cara kerja sistem	III-1
3.3.	Perancangan sistem	III-2
3.3.1.	Studi beban	III-2
3.3.2.	Menentukan intensitas cahaya	III-7

3.3.3. Perancangan sistem PLTS	III-9
3.3.4. Perancangan sistem kontrol.....	III-21
3.4. Pembuatan miniatur	III-22
3.4.1. Beban	III-22
3.4.2. Pembuatan sistem PLTS	III-22
3.4.3. Pembuatan sistem kontrol	III-25

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1. Biaya beban	IV-1
4.2. Biaya komponen istem PLTS	IV-2
4.2.1. Biaya investasi awal	IV-2
4.2.2. Biaya operasional dan perawatan	IV-3
4.2.3. Biaya penggantian / perbaikan komponen (<i>maintenance cost</i>)	IV-4
4.3. Total biaya untuk sistem PLTS selama umur investasi 20 tahun	IV-6
4.4. Perbandingan biaya pemakaian listrik PLN dan PLTS selama 20 tahun	IV-7
4.4.1. Biaya listrik PLN.....	IV-7
4.4.2. Biaya listrik PLTS	IV-8
4.5. Analisa perancangan sistem PLTS.....	IV-8
4.6. Biaya pembuatan miniatur	IV-9
4.7. Hasil dari pembuatan miniatur	IV-10

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Fungsi-fungsi pada menu jendela program BASCOM-8051	II-21
2.2 Karakter special dalam BASCOM	II-21
2.3 Tipe data BASCOM	II-22
2.4 Tabel operator relasi	II-25
3.1 Profil beban selama sehari	III-5
3.2 Spesifikasi ukuran	III-5
3.3 Data spesifikasi teknis baterai	III-14
3.4 Spesifikasi BCR 15A-12V DC	III-16
3.5 SUN Solar Panel 210 Watt 18,30Vmp	III-18
3.6 Ringkasan spesifikasi komponen PLTS	III-20
3.7. Spesifikasi modul panel surya	III-23
3.8 Siklus pergantian hidup dan mati <i>traffic light</i>	III-31
4.1 Daftar harga investasi awal beban untuk satu persimpangan empat lampu lalu lintas per lima tahun sekali	IV-1
4.2 Daftar harga komponen sistem PLTS	IV-2
4.3 Total biaya penggantian/perbaikan komponen PLTS	IV-6
4.4 Total biaya untuk sistem PLTS dan beban selama umur investasi awal.....	IV-6
4.5 Perbandingan biaya listrik PLN dan PLTS selama 20 tahun.....	IV-8
4.6 Harga komponen pada pembuatan miniatur	IV-9
4.7 Total biaya pembuatan miniatur	IV-10

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lampu lalu lintas sangat diperlukan untuk mengatur lalu lintas di persimpangan jalan. Hampir di semua persimpangan jalan raya di Pekanbaru telah menggunakan lampu lalu lintas untuk mengatur pergerakan kendaraan dan pengguna jalan lainnya.

Lampu lalu lintas beroperasi menggunakan listrik dari PLN. Kebanyakan lampu lalu lintas di Pekanbaru menggunakan listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dengan menggunakan listrik dari PLN ini lampu lintas mengalami beberapa kelemahan. Kelemahan lampu lalu lintas yang menggunakan listrik dari PLN meliputi:

1. Biaya operasional: Kerugian disini meliputi biaya rekening listrik. Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan Kota Pekanbaru, lampu lalu-lintas menggunakan tarif dasar P1 (pemerintah) 1300 Watt. Jumlah lampu lalu-lintas di Kota Pekanbaru adalah 29 unit. Lampu merah-kuning-hijau rata-rata menyala dari jam 05.45 WIB sampai 23.30 WIB. Sedangkan mulai pukul 23.30 WIB sampai 05.45 WIB hanya lampu kuning yang digunakan. Waktu menyala lampu lalu lintas untuk lampu merah-kuning-hijau selama 17,75 jam, sedangkan waktu menyala lampu lalu lintas untuk hanya lampu kuning nyala selama 6,25 jam. Jadi waktu menyala lampu lalu lintas selama 24 jam per hari.

Berdasarkan data-data di atas dapat dihitung biaya untuk pembayaran listrik perbulan berdasarkan Tarif Dasar Listrik (TDL) 2010 golongan tarif P1 1300 VA sebagai berikut:

Biaya beban per bulan:

- a. Biaya pemakaian dan biaya kVA_{rh} (kVA_{rh}) golongan P1 (pemerintah) adalah Rp. 880/kWh.
- b. Diterapkan rekening minimum (RM) untuk golongan P1 (pemerintah) :
 $RM1 = 40 \text{ (jam nyala)} \times \text{daya tersambung(kVA)} \times \text{biaya pemakaian.}$

- c. Waktu menyala lampu lalu lintas selama 24 jam per hari.
- d. Daya yang digunakan untuk *traffic light* dipersimpangan empat sebesar 80Watt
x 4 titik simpang = 320 Watt = 0,32 kW.
- e. Jumlah kWh per bulan = daya yang digunakan x waktu nyala lampu x 30.

Rekening Minimum (RM):

$$\begin{aligned}
 RM1 &= 40 \text{ (jam nyala)} \times \text{daya tersambung (kVA)} \times \text{biaya pemakaian} \\
 &= 40 \times 1,3 \times 880 \\
 &= \text{Rp. } 45.760 / \text{bulan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pemakaian per bulan} &= \text{jumlah KWH per bulan} \times 880 \\
 &= (0,32 \times 24 \times 30) \times 880 \\
 &= \text{Rp. } 202.752
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya total perbulan} &= RM1 + \text{Biaya pemakaian per bulan} \\
 &= \text{Rp. } 45.760 + \text{Rp. } 202.752 \\
 &= \text{Rp. } 248.512
 \end{aligned}$$

Jadi biaya total perbulan untuk satu persimpangan empat *traffic light*
= Rp. 248.512

2. Tidak beroperasi saat listrik PLN padam: kerugian disini meliputi matinya lampu lalu lintas dikarenakan listrik PLN padam, sehingga mengakibatkan terjadinya kemacetan dipersimpangan yang ada lampu lalu lintasnya.

Dengan mempertimbangkan kedua kelemahan di atas, perlu dicari alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Tugas akhir ini menawarkan sebuah solusi menggunakan energi terbarukan, khususnya yang berasal dari energi matahari. Keuntungan menggunakan tenaga surya untuk lampu lalu lintas antara lain menghemat energi listrik sehingga energi listrik dari PLN yang dialokasikan untuk lampu lalu lintas dapat dialihkan ke pelanggan lain misalnya rumah penduduk. Selain itu keuntungan yang diperoleh adalah adanya peluang penghematan biaya, karena energi matahari bisa didapatkan secara gratis. Dan

keunggulan lain adalah membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.

Berdasarkan latar belakang diatas, pada tugas akhir ini akan diimplementasikan sebuah sistem yaitu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai catu daya lampu lalu lintas (*traffic light*). Untuk itu tugas akhir yang diteliti berjudul **“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Lampu Lalu Lintas Di Pekanbaru”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini adalah bagaimana merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang optimal dan efisien sebagai sumber daya lampu lalu lintas tenaga surya di Pekanbaru yang dilengkapi sistem kontrol yang digunakan.

1.3. Batasan Masalah

Agar tidak meluasnya pembahasan pada Tugas Akhir ini, penulis menentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Perancangan hanya dilakukan pada lampu lalu-lintas yang menggunakan LED.
2. Perancangannya dilakukan untuk lampu lalu-lintas di persimpangan empat.

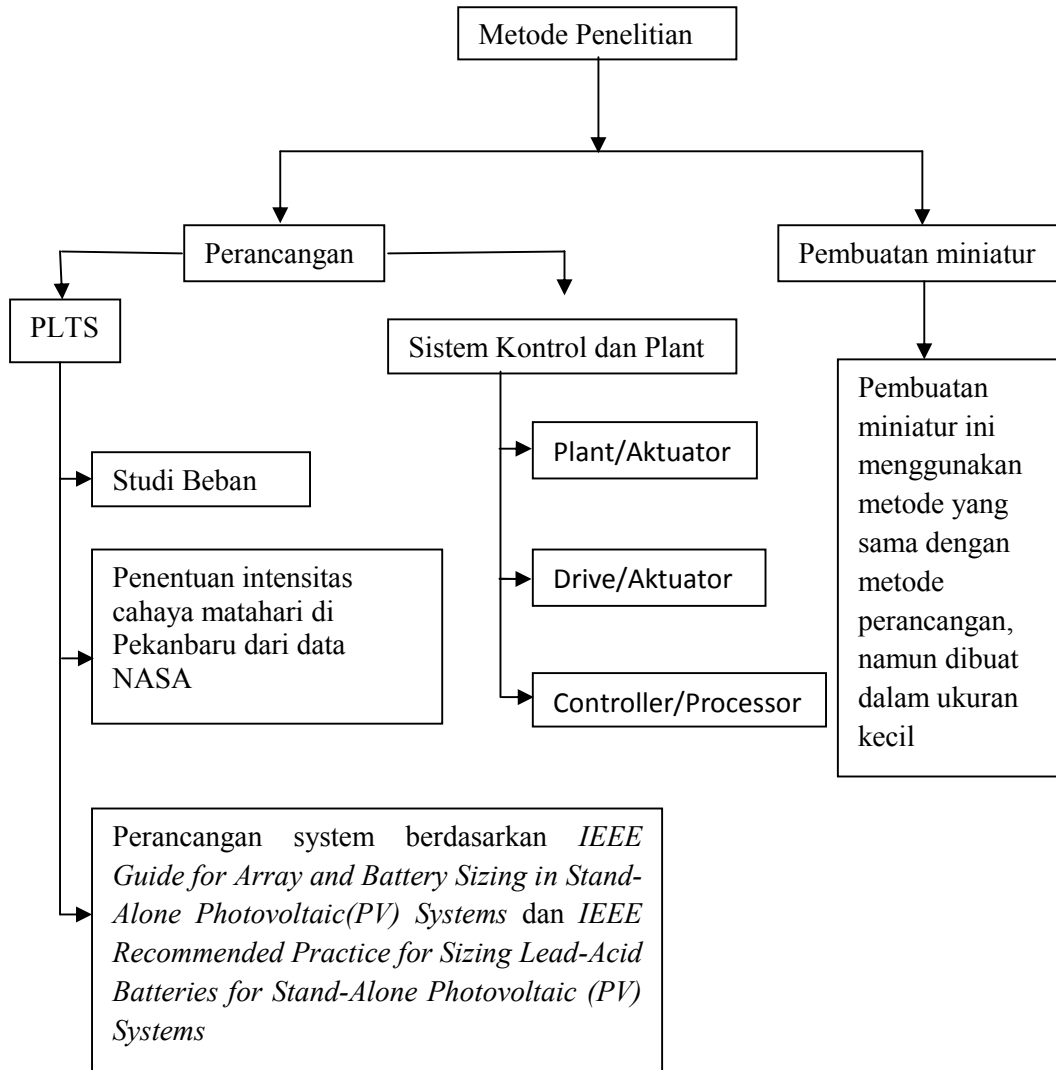
1.4. Tujuan

Adapun tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan rancangan sistem PLTS untuk lampu lalu lintas di Pekanbaru.
2. Menghasilkan sistem kontrol untuk lampu lalu lintas di persimpangan empat.
3. Menghasilkan miniatur sistem seperti poin 1 dan 2 di atas.

1.5. Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan untuk menjawab masalah di atas ditunjukkan Gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1.1 Blok Diagram Metode Penelitian

Adapun tahapan metode blok gambar 1.1 diatas meliputi:

1.5.1. Tahapan Penelitian

Perancangan ini terdiri dari tiga tahap yaitu:

1. Studi Beban

- a. Studi pustaka. Yaitu melakukan penelitian dengan mempelajari literatur yang berhubungan dengan tugas akhir ini.
- b. Pengumpulan data. Pengambilan data di Dinas Perhubungan dan melakukan browsing di Internet.

2. Perancangan sistem PLTS

- a. Penentuan intensitas cahaya matahari di Pekanbaru akan diperoleh dari database *Surface Meteorological and Solar Energy (SMSE)* milik *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* Amerika Serikat.
- b. Perhitungan komponen yang meliputi ukuran dan spesifikasi panel surya, BCR, dan *battery*. Perancangan ini akan dilakukan menggunakan standar *IEEE Guide for Array and Battery Sizing in Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems* dan *IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems*.

3. Perancangan Sistem Kontrol

Perancangan sistem kontrol mencakup perancangan sistem kontrol lampu lalu lintas di persimpangan empat yang terdiri dari *drive* dan mikrokontroler.

1.5.2. Pembuatan Miniatur

Dalam pembuatan miniatur ini menggunakan metode yang sama dengan tahapan pada sub bab 1.5.1 tahapan penelitian poin 2 dan 3 di atas. Namun pembuatan miniatur ini akan dilakukan dalam ukuran atau skala kecil.

1.6. Sistematika Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab yang meliputi:

BAB I : PENDAHULUAN, menguraikan secara singkat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI, bab ini berisi tentang teori yang berhubungan dengan alat yang dirancang, diantaranya teori tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sistem kontrol, dan hal-hal yang perlu dikemukakan.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM DAN PEMBUATAN MINIATUR , bab ini merupakan inti dari penulisan tugas akhir ini, dimana pada bab ini memaparkan tahap-tahap perancangan sistem mulai dari blok diagram serta proses perancangan, tujuan perancangan, dan pembuatan miniatur dari percobaan perakitan sampai ke tahap perakitan alat.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA, bab ini membahas tentang analisa ekonomi perancangan secara keseluruhan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN, bab ini berisi kesimpulan yang diambil berdasarkan analisis hal-hal penting, keunikan, kelebihan/kekurangan, serta saran-saran untuk pengembangan kesistem yang lebih maju.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sejarah PLTS di Indonesia

Indonesia merupakan daerah tropis, dilintasi oleh garis katulistiwa yang memiliki intensitas cahaya matahari besar. Radiasi matahari yang diterima rata-rata sebesar 4,8kwh/m²/hari (sumber: <http://www.bacaanonline.com/renewable-energy-in-indonesia--geothermal-development>, 2011).

Di Indonesia sejarah perkembangan PLTS sudah dimulai sejak 1987, pada tahap awal tersebut BPPT dimulai dengan pemasangan 80 unit PLTS atau lebih spesifik lagi SHS (Solar Home System, system pembangkit listrik tenaga surya untuk lampu penerangan rumah) di desa Sukatani Jawa Barat. Setelah itu pada tahun 1991 dilanjutkan dengan proyek bantuan presiden (BanPres listrik tenaga surya masuk desa) untuk pemasangan 13445 unit SHS di 15 propinsi.

Program BanPres listrik tenaga surya masuk desa juga telah memperoleh sambutan sangat menggembirakan dari masyarakat perdesaan dan telah terbukti dapat berjalan dengan baik akan dijadikan model guna implementasi program listrik tenaga surya untuk sejuta rumah.

2.2. PLTS

PLTS adalah salah satu pembangkit listrik yang sangat sederhana dan mudah dipasang di rumah, sehingga PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari. PLTS sering juga disebut *Solar Photovoltaic*, atau *Solar Energy*.

Cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial dan mempunyai prospek cukup besar untuk dikembangkan, karena matahari tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Di Riau, waktu matahari dengan intensitas yang cukup berkisar 12 jam per hari. Untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik

dibutuhkan devais untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut sel surya (*solar cell*), berupa semikonduktor.

Pembangkit listrik dengan menggunakan *solar cell* ini sangatlah efisien karena tidak memerlukan keahlian khusus untuk pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan. Dengan kapasitas yang relative kecil penggunaan pembangkit ini bias digunakan untuk beban lampu atau listrik yang dihasilkan dapat dijadikan listrik cadangan misalnya beban penerangan (*emergency lamp*) skala kecil pada saat terjadi pemadaman listrik oleh pembangkit konvensional. Namun disamping itu juga diperlukan perencanaan dan perhitungan yang tepat agar listrik yang akan dihasilkan nantinya sesuai dengan kapasitas *solar cell* yang kita miliki.

PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan *Hybrid* (dikombinasikan dengan sumber lain, seperti PLTS-genset, PLTS *microhydro*, PLTS-Angin), baik dengan metoda desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metoda sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel).

2.2.1. Prinsip Kerja PLTS

Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *fotovoltaik*. Listrik yang dihasilkan oleh modul dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan didalam baterai sebelum digunakan ke beban: lampu, radio, dan lain-lain. Pada malam hari, dimana modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh battery. Demikian pula apabila hari mendung, dimana modul surya menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan pada saat matahari benderang. Modul surya dengan kapasitas tertentu dapat menghasilkan jumlah listrik yang berbeda-beda apabila ditempatkan pada daerah yang berlainan.

menghemat pemakaian bahan bakar minyak bumi.

- b. Meningkatnya mutu sumber daya manusia, karena proses belajar bisa dilakukan kapan saja tanpa harus terhalang oleh pemadaman listrik dari PLN.
- c. Mutu penerangan yang cukup baik dengan jumlah biaya pengeluaran yang terjangkau.

2.2.3. Keuntungan dan Kelemahan PLTS

1. Keuntungan PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan suatu system pembangkit energy listrik yang tidak berpolusi dan menghasilkan listrik dari sinar matahari. Selain itu tenaga matahari juga tersedia melimpah dan gratis. Berikut ini adalah keuntungan menggunakan PLTS :

- a. Sumber energi yang dipakai tidak pernah habis dan sangat ramah lingkungan.
- b. Dapat dipakai dimana saja terutama didaerah yang belum terjangkau listrik PLN.
- c. Tidak memerlukan perawatan khusus sehingga bebas dari segala biaya perawatan.
- d. Hemat karena tidak memerlukan bahan bakar.
- e. Bersifat modular artinya kapasitas listrik yang dihasilkan dapat sesuai dengan kebutuhan.
- f. Tanpa suara sehingga tidak mengganggu ketertiban umum.
- g. Ramah lingkungan.
- h. Pemasangannya sangat mudah.

2. Kelemahan PLTS

Meskipun pembangkit listrik tenaga surya memiliki berbagai keuntungan. Namun PLTS memiliki kelemahan. Berikut ini adalah kelemahan dari PLTS :

- a. Memiliki ketergantungan pada cuaca. Saat mendung kemampuan panel surya menangkap sinar matahari tentu akan berkurang. Akibatnya, PLTS tidak bisa

digunakan secara optimal. Karena saat mendung kemampuan PLTS menyimpan energi berkurang sekitar 30 persen.

- b. Rencana pembangunan PLTS dihadang sejumlah masalah. Masalah utama adalah besarnya biaya membangun pembangkit ini. Yaitu mencapai Rp. 11 milyar per MW. Jika PLTS nanti kapasitasnya 30 MW, berarti biaya yang dibutuhkan Rp 330 Milyar.

2.3. Komponen PLTS

Komponen PLTS terdiri dari:

2.3.1. Sell Surya (*Solar Cell*)

Sel surya pada dasarnya adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Indonesia merupakan negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa dan menerima panas matahari yang lebih banyak daripada Negara lain, sehingga mempunyai potensi yang sangat besar untuk mengembangkan tenaga surya.



Gambar 2.2 Panel Sell Surya

(Sumber : <http://www.tenaga-surya.com/images/stories/solarcell.jpg>)

Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material adhesive transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan, material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan. Sel surya merupakan suatu pn junction dari silikon kristal tunggal. Dengan menggunakan photo-electric effect dari bahan semikonduktor, sel surya dapat langsung mengkonversi sinar matahari menjadi listrik searah (dc). *Solar cells* panel mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. *Solar cells* panel menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. *Solar cells* panel terdiri dari *photovoltaic*, yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya,

saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang.

Dengan menambah *solar cells* panel (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya *solar cells* panel dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula. Contohnya ukuran $a \text{ cm} \times b \text{ cm}$ menghasilkan listrik DC (Direct Current) sebesar $x \text{ Watt per hour/ jam}$.

Jenis *solar cell* panel:

a. Polikristal (Poly-crystalline)

Merupakan *solar cells* panel yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

b. Monokristal (Mono-crystalline)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

Cara kerja *solar cell*:

Bila sel surya itu dikenakan pada sinar matahari, maka timbul yang dinamakan elektron dan hole. Elektron-elektron dan hole-hole yang timbul di sekitar pn junction bergerak berturut-turut ke arah lapisan n dan ke arah lapisan p. Sehingga pada saat elektron-elektron dan hole-hole itu melintasi pn junction, timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya. Jika pada kedua ujung sel surya diberi beban maka timbul arus listrik yang mengalir melalui beban. Bahan dan cara kerja yang aman terhadap lingkungan menjadikan sel surya sebagai salah satu hasil teknologi pembangkit listrik yang efisien bagi sumber energi alternatif masyarakat di masa depan.

2.3.2. *Battery Charge Regulator (BCR)*

Battery charge regulator (BCR) atau *Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

Solar charge controller menerapkan teknologi *pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai , menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak '*full discharge*', dan *overloading*.
3. *Monitoring* temperatur baterai.



Gambar 2.3 *Battery Charge Regulator*

(Sumber : <http://www.tenaga-surya.com/images/stories/pwm%20kecil.jpg>)

Peran utama regulator adalah untuk membatasi tegangan baterai maksimum untuk mencegah gas yang berlebihan dan untuk mencegah pengisian yang berlebihan baterai. Kecuali array yang sangat besar digunakan dengan baterai yang sangat kecil, tidak perlu untuk membatasi arus puncak selama fase. Pengaturan tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan baik shunt regulator atau serangkaian regulator.

2.3.3. Baterai

Baterai adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Ada beberapa jenis baterai / aki di pasaran yaitu jenis aki basah/konvensional, *hybrid* dan MF (*Maintenance Free*).

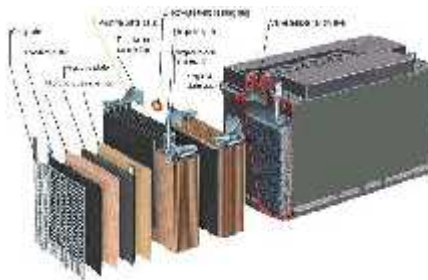
Aki basah/konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan aki MF sering disebut juga aki kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel/selai. Dalam hal mempertimbangkan posisi peletakkannya maka aki kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan aki basah.

Aki konvensional juga kandungan timbalnya (Pb) masih tinggi sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis *hybrid* kandungan timbalnya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur Calsium. Sedangkan aki MF / aki kering sel positifnya masih menggunakan timbal 1,7% tetapi sel negatifnya sudah tidak menggunakan timbal melainkan Calsium sebesar 1,7%. Pada Calsium battery Asam Sulfatnya (H_2SO_4) masih berbentuk cairan, hanya saja hampir tidak memerlukan perawatan karena tingkat penguapannya kecil sekali dan dikondensasi kembali. Teknologi sekarang bahkan sudah memakai bahan silver untuk campuran sel negatifnya.

Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk automotif, marine dan deep cycle. Deep cycle itu meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*Photo Voltaic*) dan back up power. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi type basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*).

Baterai kering *Deep Cycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan konsisten. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu discharge. Bandingkan dengan baterai konvensional yang bisa mencapai 2% per minggu untuk self discharge. Konsekuensinya untuk charging pengisian arus ke dalam *battery Deep Cycle* harus lebih kecil dibandingkan

battery konvensional sehingga butuh waktu yang lebih lama untuk mengisi muatannya. Antara type gel dan AGM hampir mirip hanya saja baterai AGM mempunyai semua kelebihan yang dimiliki *type gel* tanpa memiliki kekurangannya. Kekurangan *type Gel* adalah pada waktu *discharge* maka tegangannya harus 20% lebih rendah dari *battery type* AGM ataupun basah. Bila *overcharged* maka akan timbul rongga di dalam gelnnya yg sulit diperbaiki sehingga berkurang kapasitas muatannya.



Gambar 2.4 Baterai

(Sumber : <http://www.tenaga-surya.com/images/stories/batt%20ins.jpg>)

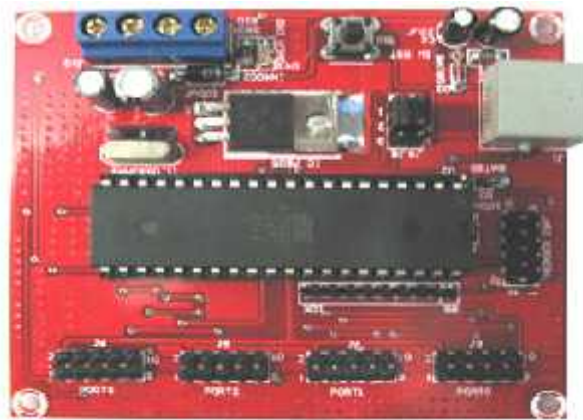
2.4. **Controller dan Driver Untuk Lampu Lalu lintas**

Pengatur lampu lalu lintas ini pada awalnya menggunakan teknologi rangkaian logika yang berfungsi mengatur atau mengontrol lampu berdasarkan beberapa daftar waktu tetap yang sudah diset terlebih dahulu. Metode ini disebut dengan istilah *fixed time*. Kinerja pengatur lampu lalu lintas seperti ini dalam hubungannya dengan fungsi untuk mengatur waktu tunda (*delay time*) kendaraan bermotor sangatlah ditentukan oleh *survey* yang diperoleh, yang sangat tergantung sekali dengan kondisi statistik lalu lintas kendaraan yang ada pada suatu persimpangan jalan tersebut. Kinerja pengontrol lampu lalu lintas ini akan dirasakan sangat optimal sekali jika setiap terjadi perubahan kondisi lalu lintas dilakukan penyesuaian dengan cara menset ulang atau penjadwalan berdasarkan jam. Lampu lalu lintas memegang peranan penting dalam pengaturan kelancaran lalu lintas. Sistem pengendalian lampu lalu lintas yang baik akan secara otomatis menyesuaikan diri dengan kepadatan arus lalu lintas pada jalur yang diatur.

Dengan perkembangan zaman pengontrolan lampu lalu lintas ini bisa menggunakan mikrokontroler, PLC, sistem fuzzy dan masih banyak lagi program yang bisa digunakan untuk pengontrolan lampu lalu lintas. Dalam perancangan ini penulis menggunakan modul DT51 LCMS versi 2 dengan mikrokontroler Atmel AT89S51 untuk *control traffic light*.

2.4.1. DT-51 LCMS versi 2

Modul DT-51™ Low Cost Micro System (LCMS) versi 2.0 dengan Mikrokontroler Atmel AT89S51.



Gambar 2.5. DT-51 LCMS versi 2

(Sumber: <http://www.toko-elektronika.com/img/foto/DT51LCMS2.gif>)

Spesifikasi dari modul DT-51™ LCMS versi 2.0 yang adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler AT89S51 dengan 4 kB *flash memory*.
2. Mendukung varian MCS-51® 40 pin antara lain: AT89S51, AT89S52, AT89S53, AT89S51, AT89S8252, AT89LS53, dan AT89LS8252.
3. Memiliki hingga 32 pin jalur input/output dengan *pull-up*.
4. Rangkaian RC reset, tombol reset, serta *brown-out detector*.
5. Frekuensi osilator sebesar 11,0592 MHz.
6. Tersedia jalur komunikasi serial UART RS-232 yang telah disempurnakan, dengan konektor RJ11.
7. Tersedia *port* untuk pemrograman secara ISP.
8. Tegangan input 9-12 Volt DC pada Vin dan tegangan output 5 Volt DC pada Vout.

Penjelasan dan gambar alokasi dari pin-pin yang dipakai modul adalah sebagai berikut:

1. Pin J1

Pin ini berfungsi sebagai jalur komunikasi serial RS-232, memakai konektor RJ11, dengan perangkat lain atau komputer. Untuk menghubungkan modul DT-51™ LCMS versi 2.0 dengan komputer secara serial dengan menggunakan pin J1 ini, maka diperlukan kabel serial dengan ujung konektor RJ11 untuk modul ini dan ujung lainnya konektor DB9 untuk *port* COM (*port* serial pada komputer).

2. Pin J2

Pin yang terdiri dari V_{ccin} dan Gnd_{in} ini sebagai jalur untuk sumber tegangan 9-12 Volt DC.

3. Pin J3-J6 (*port* 0-*port* 3)

Pin-pin ini merupakan persambungan dari pin-pin mikrokontroler Atmel AT89S51 yang merupakan *port* dua arah input dan output.

Berikut penjelasan masing-masing *port* :

a. *Port* 0

Merupakan 8-bit *open drain bidirectional I/O port*. Sebagai *port* output, setiap pin dapat melakukan *sink* pada 8 input TTL. Saat bit-bit 1 ditulis ke pin-pin *port* 0, pin-pin tersebut dapat digunakan sebagai input berimpedansi tinggi. *Port* 0 ini juga dapat dikonfigurasi menjadi *low-order address/data bus* yang termultipleks selama akses ke program eksternal dan memori data. Dalam mode ini, *port* 0 mempunyai *internal pull-ups*. *Port* 0 juga menerima kode dalam bentuk byte selama *flash programming* dan mengeluarkan kode berbentuk byte tersebut selama verifikasi program. *External pull-ups* dibutuhkan selama verifikasi program.

b. *Port* 1

Merupakan 8-bit *bidirectional I/O port* dengan *internal pull-ups*. *Output buffers* dari *port* 1 dapat melakukan *sink/source* 4 input TTL. Saat bit-bit 1 ditulis ke pin-pin *port* 1, bit-bit tersebut mengalami proses *pulled high* oleh *internal pull-ups* dan dapat digunakan sebagai input. Sebagai input, pin-pin *port* 1 yang secara

eksternal mengalami proses *pulled low* akan melakukan *source* arus (IIL) karena proses *internal pull-ups*. Port 1 juga menerima *low-order address bytes* selama *flash programming* dan verifikasi program.

c. Port 2

Merupakan 8-bit *bidirectional I/O port* dengan *internal pull-ups*. Output buffers dari port 2 dapat melakukan *sink/source* 4 input TTL. Saat bit-bit 1 ditulis ke pin-pin port 2, bit-bit tersebut mengalami proses *pulled high* oleh *internal pull-ups* dan dapat digunakan sebagai input. Sebagai input, pin-pin port 2 yang secara eksternal mengalami proses *pulled low* akan melakukan *source* arus (IIL) karena proses *internal pull-ups*. Port 2 juga menerima *low-order address bytes* selama *flash programming* dan verifikasi program.

d. Port 3

Merupakan 8-bit *bidirectional I/O port* dengan *internal pull-ups*. Output buffers dari port 3 dapat melakukan *sink/source* 4 input TTL. Saat bit-bit 1 ditulis ke pin-pin port 3, bit-bit tersebut mengalami proses *pulled high* oleh *internal pull-ups* dan dapat digunakan sebagai input. Sebagai input, pin-pin port 3 yang secara eksternal mengalami proses *pulled low* akan melakukan *source* arus (IIL) karena proses *internal pull-ups*. Port 3 juga menerima *low-order address bytes* selama *flash programming* dan verifikasi program. Port 3 juga melayani fungsi dari beragam fitur spesial dari AT89S51.

4. Pin J7

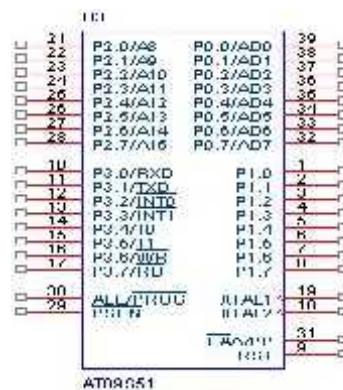
Pin ini merupakan *header ISP* yang berfungsi sebagai jalur untuk memprogram mikrokontroler. Pemrograman dapat dilakukan dengan menghubungkan *header ISP* ini ke *port* paralel komputer menggunakan kabel yang disediakan bersama modul DT-51™ LCMS versi 2.0. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah bahasa tingkat rendah, misalnya *bascom* (*basic compiler*) atau *assembly*. Untuk "menginjeksikan" program ke dalam mikrokontroler Atmel AT89S51 diperlukan *software ISP* yang memerlukan program yang akan di-load dalam format .HEX (format Intel). *Software* ini, yaitu *software ISP* dari Atmel sendiri, juga disertakan bersama modul DT-51™ LCMS versi 2.0.

5. Pin J8 dan J9

Pin-pin ini cenderung berfungsi sebagai *jumper* jika kita ingin memakai pin P3.0 dan P3.1 sebagai jalur komunikasi serial (tidak menggunakan pin J1) baik UART RS-232 atau UART TTL. Berikut ini blok diagram tata letak *jumper* jika ingin memakai pin P3.0 dan P3.1 sebagai jalur komunikasi serial.

2.4.2. Pengenalan mikrokontroler AT 89S51

Penggunaan IC AT 89S51 memiliki beberapa keuntungan dan keunggulan, antara lain tingkat kendala yang tinggi, komponen hardware eksternal yang lebih sedikit, kemudahan dalam pemrograman. Dan hemat dari segi biaya. IC AT 89S51 memiliki program internal yang mudah untuk dihapus dan diprogram kembali secara berulang-ulang. Pada pesawat ini IC AT 89S51 berfungsi sebagai sentral control dari segala aktivitas pesawat. Mulai dari timer untuk mengontrol lamanya elektroda bekerja. Pada pesawat ini IC AT 89S51 ini juga dimanfaatkan sebagai pengubah suhu sensor suhu untuk dikonversikan dalam satuan kadar mineral yang ditampilkan dalam display berupa seven segment.



Gambar 2.6. IC AT 89S51

(Sumber: <http://elektronika-elektronika.blogspot.com/2007/03/ic-mikrokontroller-at89s51.html>)

Beberapa fungsi dari kaki pin pada IC mikrokontroler AT89S51 yaitu :

a. Port 0

Port 0 adalah 8 bit open drain bi-directional port I/O. pada saat sebagai port output, tiap pin dapat dilewatkan ke-8 input TTL. Ketika logika satu dituliskan pada port 0, maka pin-pin ini dapat digunakan sebagai input yang berimpedansi tinggi. Port 0 dapat dikonfirmasi untuk demultiplex

sebagai jalur data/address bus selama membaca ke program eksternal dan memori data. Pada mode ini P0 mempunyai internal Pullup. Port 0 juga menerima kode byte selama pemrograman Flash. Dan mengeluarkan kode byte selama verifikasi program.

b. Port 1

Port 1 adalah 8 bit bi-directional port I/O dengan internal Pullup. Port 1 mempunyai output yang dapat dihubungkan dengan 4 TTL input. Ketika logika '1' dituliskan ke port 1, pin ini di pull high dengan menggunakan internal pullup dan dapat digunakan sebagai input. Port 1 juga menerima address bawah selama pemrograman Flash dan verifikasi.

c. Port 2

Port 2 adalah 8 bit bi directional port I/O dengan Pullup. Port 2 output buffer dapat melewatkan empat TTL input. Ketika logika satu dituliskan ke port 2, maka mereka di pull high dengan internal Pullup dan dapat digunakan sebagai input.

d. Port 3

Port 2 adalah 8 bit bi directional port I/O dengan Pullup. Output buffer dari Port 3 dapat dilewati empat input TTL. Ketika logika satu dituliskan ke port 3, maka mereka akan di pull high dengan internal pullup dan dapat digunakan sebagai input. Port 3 juga mempunyai berbagai macam fungsi/fasilitas. Port 3 juga menerima beberapa sinyal kontrol untuk pemrograman Flash dan verifikasi.

e. RST

Input reset. Logika high pada pin ini akan mereset siklus mesin (IC).

f. ALE/PROG

Pulsa output Address Latch Enable digunakan untuk latching byte bawah dari address selama mengakses ke eksternal memory. Pin ini juga merupakan input pulsa program selama pemrograman Flash. Jika dikehendaki, operasi ALE dapat didisable dengan memberikan setting bit 0 dari SFR pada lokasi 8EH. Dengan Bit Set, ALE disable, tidak akan mempengaruhi jika mikrokontroler pada mode eksekusi eksternal.

g. PSEN

Program Store Enable merupakan sinyal yang digunakan untuk membaca program memory eksternal. Ketika 8951 mengeksekusi kode dari program memory eksternal, PSEN diaktifkan dua kali setiap siklus mesin.

h. EA/VPP

Eksternal Acces Enable, EZ harus diposisikan ke GND untuk mengaktifkan divais untuk mengumpankan kode dari program memory yang dimulai pada lokasi 0000h sampai FFFFh. EA harus diposisikan ke VCC untuk eksekusi program internal. Pin ini juga menerima tegangan pemrograman 12 volt (Vpp) selama pemrograman Flash.

i. XTAL1

Input untuk oscillator inverting amplifier dan input untuk internal clock untuk pengoperasian rangkaian.

j. XTAL2

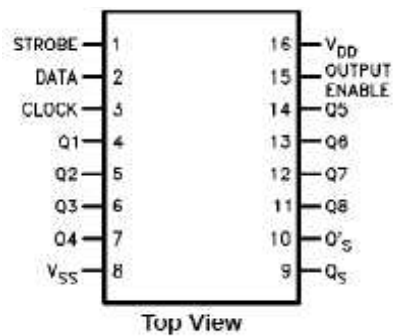
Output dari inverting oscillator amplifier.

2.4.3. IC 4094

IC 4094 adalah suatu IC *shift register* 8 tingkat yang memiliki *register latch* untuk setiap bit untuk keperluan memindahkan data dari saluran *serial* ke saluran paralel dengan 3 tingkatan pergeseran bit Q0 sampai bit Q7 menuju *output*. *Output* paralel dapat dihubungkan langsung dengan jalur data umum. Data digeser pada perubahan sinyal *clock* dari *Low* ke *High*, selanjutnya data digeser dari register geser ke register penyimpanan, kemudian dengan memberikan logika *high* pada pin OE akan menggeser data dari register penyimpanan menuju register *output*.

Ada dua serial yang keluar dari IC 4094 yaitu Qs dan Q's yang disediakan untuk keperluan penyambungan beberapa IC secara *serial*. Data tersedia pada Qs pada pergeseran sinyal *clock* dari logika *low* ke logika *high* untuk memungkinkan pergeseran dengan kecepatan tinggi dalam keperluan penyambungan beberapa IC secara *serial*. Output pada Q's akan bergeser pada saat sinyal clock berubah dari

logika high ke logika low. Gambar 2.7 menunjukkan posisi dan penamaan pin untuk IC 4094.



Gambar 2.8. Diagram Pin IC 4094 (*Data sheet IC 4094*)

(Sumber: repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22166/4/Chapter%20II.pdf)

Keterangan: D = *data input*

CP = *clock input*

STR = *strobe input*

EO = *ouput enable input*

QS, Q'S = *output serial*

Q0 S/d Q7 = *output parallel*

2.5. Beban

Beban yang digunakan untuk perancangan lampu pengatur lalu lintas tenaga surya di Pekanbaru adalah sebagai berikut :

2.5.1. Lampu *Traffic Light* Menggunakan TL (LEAD)

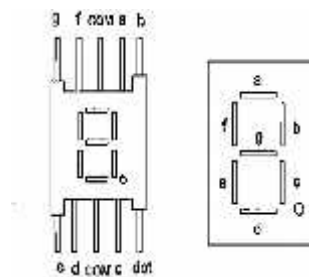


Gambar 2.9. Lampu *Traffic Light*

(Sumber : <http://www.panelsurya.com/images/stories/traffic%20light%201.jpg>)

2.5.2. 7 (Seven)-Segment (Counting Down) Menggunakan LED

Jenis tampilan ini terdiri dari tujuh segment terpisah yang diberi label a sampai g. Tujuh segment merupakan cacah segment minimum yang diperlukan untuk menampilkan angka 0 sampai 9. Sejumlah karakter alfabet dan heksa desimal bisa juga disajikan menggunakan tampilan 7 (seven)-segment ini. Tampilan tujuh segment mempunyai dua tipe : *Light-Emitting Diode* (LED) dan *Liquid-Crystal Display* (LCD). Tipe LCD memerlukan daya yang sangat kecil untuk mengoperasikan daya yang sangat kecil untuk mengoperasikannya di banding tipe LED, sehingga banyak digunakan untuk perangkat-perangkat portable di mana kebutuhan daya merupakan pertimbangan utama. Tetapi tampilan LED dapat di lihat dalam kegelapan, sedangkan LCD memerlukan cahaya yang cukup di sekitarnya.



Gambar 2.10. Susunan 7 (seven)-segment

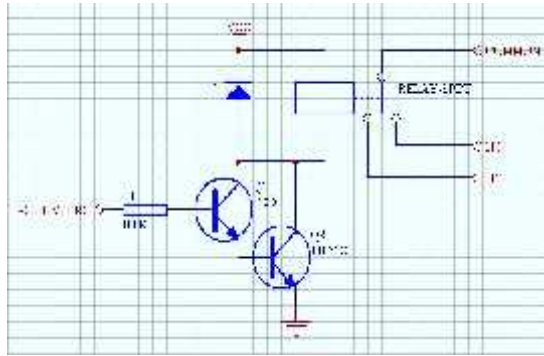
(Sumber : Prasimax Mikron Technology Development Center : 2007)

2.6. Driver Lampu Traffic light

2.6.1. Driver Untuk Traffic light LEAD

Transistor bipolar adalah komponen yang bekerja berdasarkan ada-tidaknya arus pemicuan pada kaki Basisnya. Pada aplikasi driver relay, transistor bekerja sebagai saklar yang pada saat tidak menerima arus pemicuan, maka transistor akan berada pada posisi cut-off dan tidak menghantarkan arus, $I_c=0$. Dan saat kaki basis menerima arus pemicuan, maka transistor akan berubah ke keadaan saturasi dan menghantarkan arus.

Gambar 2.10 adalah rangkaian praktis driver relay yang sangat handal untuk digunakan dalam proyek-proyek mikrokontroler



Gambar 2.11. Rangkaian Driver *traffic light* LEAD

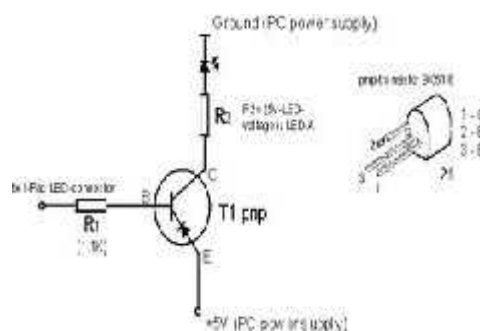
(Sumber : <http://telinks.files.wordpress.com/2010/04/relaydriver.jpg>)

Komponen aktif rangkaian di atas adalah 2 buah transistor jenis NPN yang disusun secara Darlington. Transistor ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang akan mengalirkan arus jika terdapat arus bias pada kaki basisnya, dan akan menyumbat arus jika tidak terdapat arus bias pada kaki basisnya.

Relay yang dapat digunakan dengan rangkaian ini adalah relay dengan tegangan kerja koil antara 5Vdc hingga 45Vdc. Jika relay yang digunakan membutuhkan tegangan kerja diatas 45Vdc, maka gantilah transistor C828 dengan transistor yang memiliki tegangan kerja lebih besar seperti BD139 misalnya.

Untuk relay-relay kecil dengan tegangan kerja 5V – 24V, untuk lebih menghemat biaya, transistor TIP31C dapat diganti dengan C828 atau NPN sejenis. Untuk relay-relay besar, maka transistor TIP31C sudah lebih dari cukup untuk mengaktifkan relay.

2.6.2. Driver LED



Gambar 2.12. Rangkaian Driver LED

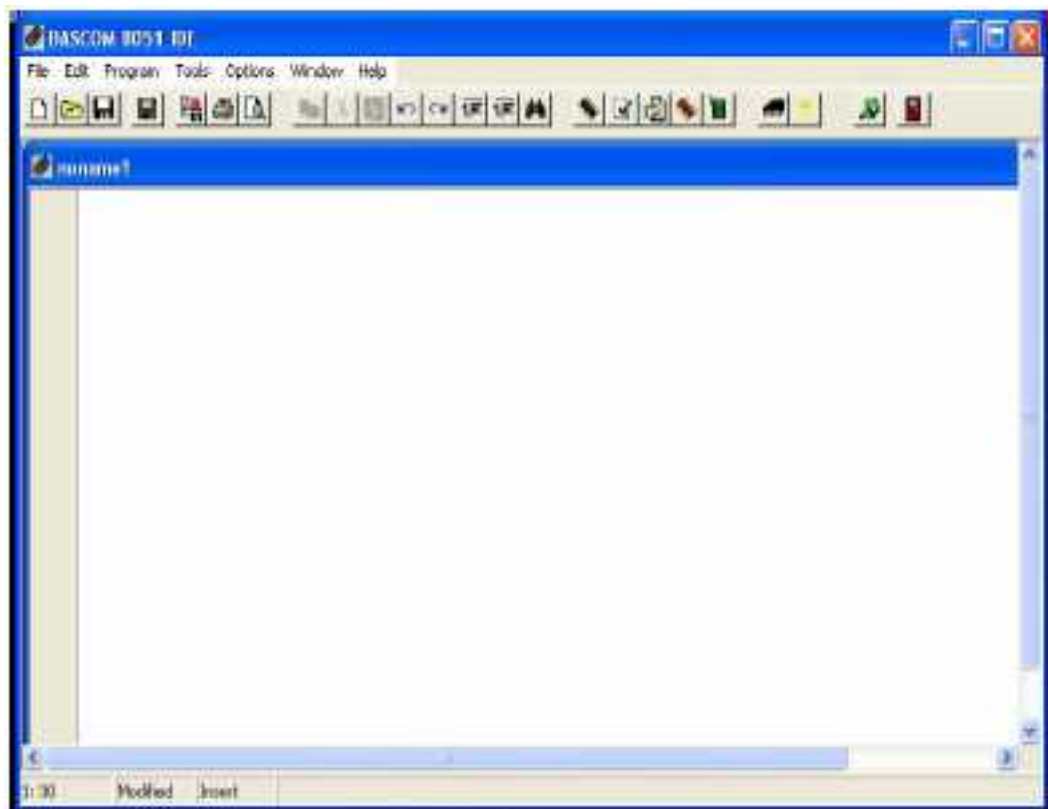
(Sumber: <http://www.retrospieler.de/images/electronics/LED-driver.gif>)

2.7. Basic Compiler (BASCOS 8051)

Basic Compiler (BASCOS 8051) adalah program berbasis windows untuk mikrokontroler keluarga 8051 seperti AT89C51/52, AT89S51/52, dan mikrokontroler yang lainnya. BASCOS-8051 merupakan software compiler dengan menggunakan bahasa basic yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS Elektronik. BASCOS-8051 dibuat untuk melakukan pemrograman pada mikrokontroler AT89S51.

2.7.1. Bagian-bagian BASCOS-8051

Ketika program BASCOS-8051 dijalankan, maka jendela program BASCOS-8051 akan tampil. Seperti pada gambar dibawah ini.








Gambar 2.13. Jendela Program BASCOS-8051

(Sumber: http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/computer-science/2010/Artikel_21105640.pdf)

Fungsi-fungsi pada menu jendela program BASCOM-8051 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Fungsi-fungsi pada menu jendela program BASCOM-8051

Ikon	Nama	Fungsi	Shortcut
	File New	Membuat file baru	Ctrl+N
	Open File	Membuka file	Ctrl+O
	Save File	Menyimpan file	Ctrl+S
	Save AS	Menyimpan dengan nama lain	-
	Print Preview	Melihat tampilan sebelum dicetak	-
	Print	Mencetak file dokumen	Ctrl+P
	Copy File	Mengcopy file	Ctrl+C
	Cut File	Menghapus file	Ctrl+X
	Paste File	Menampilkan file yang dcopy	Ctrl+V
	Compile Program	Mengkompile program yang dibuat	F7
	Syntax Check	Memeriksa kesalahan bahasa	Ctrl+F7
	Simulate Program	Mensimulasi program	F2
	Exit	Keluar dari program	-

2.7.2. Karakter dalam BASCOM

Dalam program BASCOM, karakter dasarnya terdiri atas karakter alphabet (A-Z dan a-z), karakter numeric (0-9), dan karakter special (lihat tabel 2.2).

Tabel 2.2 Karakter special dalam BASCOM

karakter	Nama
	Blank
'	Apostrophe
*	Asterisk (simbol perkalian)
+	Plus sign
,	Comma
-	Minus sign
.	Period (decimal point)

/	Slash (division symbol) will be handled as\
:	Colon
“	Double quotation mark
;	Semicolon
<	Less than
=	Equal sign (assignment symbol or relational operator)
>	Greater than
\	Backspace (integer or word division symbol)

2.7.3. Tipe Data

Setiap variabel dalam BASCOM memiliki tipe data yang menunjukkan daya tampungnya. Hal ini berhubungan dengan penggunaan memori mikrokontroler. Berikut adalah tipe data pada BASCOM berikut keterangannya.

Tabel 2.3 Tipe data BASCOM

Tipe Data	Ukuran (byte)	Range
Bit	1/8	-
Byte	1	0 – 255
Integer	2	-32,768 - +32,767
Word	2	0 – 65535
Long	4	-214783648 - +2147483647
Single	4	-
String	hingga 254 byte	-

2.7.4. Variabel

Variabel dalam sebuah pemrograman berfungsi sebagai tempat penyimpanan data atau penampungan data sementara, misalnya menampung hasil perhitungan, menampung data hasil pembacaan register, dan lainnya. Variabel merupakan pointer yang menunjukkan pada alamat memori fisik dan mikrokontroler.

Dalam BASCOM, ada beberapa aturan dalam penamaan sebuah variabel:

1. Nama variable maksimum terdiri atas 32 karakter.
2. Karakter biasa berupa angka atau huruf.
3. Nama variable harus dimulai dengan huruf.
4. Variabel tidak boleh menggunakan kata-kata yang digunakan oleh BASCOM sebagai perintah, pernyataan, internal register, dan nama operator (AND, OR, DIM, dan lain-lain).

Sebelum digunakan, maka variabel harus dideklarasikan terlebih dahulu. Dalam BASCOM, ada beberapa cara untuk mendeklarasikan sebuah variabel. Cara pertama adalah menggunakan pernyataan 'DIM' diikuti nama tipe datanya. Contoh pendeklarasian menggunakan DIM sebagai berikut:

```
Dim nama as byte
Dim tombol1 as integer
Dim tombol2 as word
Dim tombol3 as word
Dim tombol4 as word
Dim Kas as string*10
```

2.7.5. Alias

Dengan menggunakan alias, variabel yang sama dapat diberikan nama yang lain. Tujuannya adalah mempermudah proses pemrograman. Umumnya, alias digunakan untuk mengganti nama variabel yang telah baku, seperti port mikrokontroler.

```
LEDBAR alias P1
Tombol1 alias P0.1
Tombol2 alias P0.2
```

Dengan deklarasi seperti diatas, perubahan pada tombol akan mengubah kondisi P0.1. Selain mengganti nama port, kita dapat pula menggunakan alias untuk mengakses bit tertentu dari sebuah variabel yang telah dideklarasikan.

Dim LedBar as byte

Led1 as LedBar.0

Led2 as LedBar.1

Led3 as LedBar.2

2.7.6. Konstanta

Dalam BASCOM, selain variabel kita mengenal pula constant. Konstanta merupakan variabel pula. Perbedaannya dengan variabel biasa adalah nilai yang dikandung tetap. Dengan konstanta, kode program yang kita buat akan lebih mudah dibaca dan dapat mencegah kesalahan penulisan pada program kita. Misalnya, kita akan lebih mudah menulis *phi* dari pada menulis 3,14159867. Sama seperti variabel, agar konstanta bias dikenali oleh program, maka harus dideklarasikan terlebih dahulu. Berikut adalah cara pendeklarasian sebuah konstanta:

Dim A As Const 5

Dim B1 As Const &B1001

Cara lain yang paling Mudah:

Const Cbyte = &HF

Const Cint = -1000

Const Csingle = 1.1

Const Cstring = "test"

2.7.7. Array

Dengan array, kita bisa menggunakan sekumpulan variabel dengan nama dan tipe yang sama. Untuk mengakses variabel tertentu dalam array, kita harus menggunakan indeks. Indeks harus berupa angka dengan tipe data byte, integer, atau word. Artinya, nilai maksimum sebuah indeks sebesar 65535.

Proses pendeklarasian sebuah array hampir sama dengan variabel, namun perbedaannya kita pun mengikutkan jumlah elemennya. Berikut adalah contoh pemakaian array:

```

Dim kelas(10) as byte
Dim c as Integer
For C = 1 To 10
a(c) = c
p1 = a(c)
Next

```

Program diatas membuat sebuah array dengan nama ‘kelas’ yang berisi 10 elemen (1-10) dan kemudian seluruh elemennya diisikan dengan nilai c yang berurutan. Untuk membacanya, kita menggunakan indeks dimana elemen disimpan. Pada program diatas, elemen-elemen arraynya dikeluarkan ke Port 1 dari mikrokontroler.

2.7.8. Operasi-operasi Dalam BASCOM

Pada bagian ini akan dibahas tentang cara menggabungkan, memodifikasi, membandingkan, atau mendapatkan informasi tentang sebuah pernyataan dengan menggunakan operator-operator yang tersedia di BASCOM dan bagaimana sebuah pernyataan terbentuk dan dihasilkan dari operator-operator berikut:

a. Operator Aritmatika

Operator digunakan dalam perhitungan. Operator aritmatika meliputi + (tambah), - (kurang), / (bagi), dan * (kali).

b. Operator Relasi

Operator berfungsi membandingkan nilai sebuah angka. Hasilnya dapat digunakan untuk membuat keputusan sesuai dengan program yang kita buat. Operator relasi meliputi:

Tabel 2.4 Tabel Operator Relasi

Operator	Relasi	Pernyataan
=	Sama dengan	$X = Y$
\neq	Tidak sama dengan	$X \neq Y$
<	Lebih kecil dari	$X < Y$
>	Lebih besar dari	$X > Y$

<=	Lebih kecil atau sama dengan	$X \leq Y$
>=	Lebih besar atau sama dengan	$X \geq Y$

c. Operator Logika

Operator digunakan untuk menguji sebuah kondisi atau memanipulasi bit dan operasi boolean. Dalam BASCOM, ada empat buah operator logika, yaitu AND, OR, NOT, dan XOR. Operator logika bias pula digunakan untuk menguji sebuah byte dengan pola bit tertentu, sebagai contoh:

```
Dim A As Byte
```

```
A = 63 And 19
```

```
PPRINT A
```

```
A = 10 or 9
```

```
PRTINT A
```

```
Output
```

```
16
```

```
11
```

d. Operator Fungsi

Operasi fungsi digunakan untuk melengkapi operator yang sederhana.

BAB III

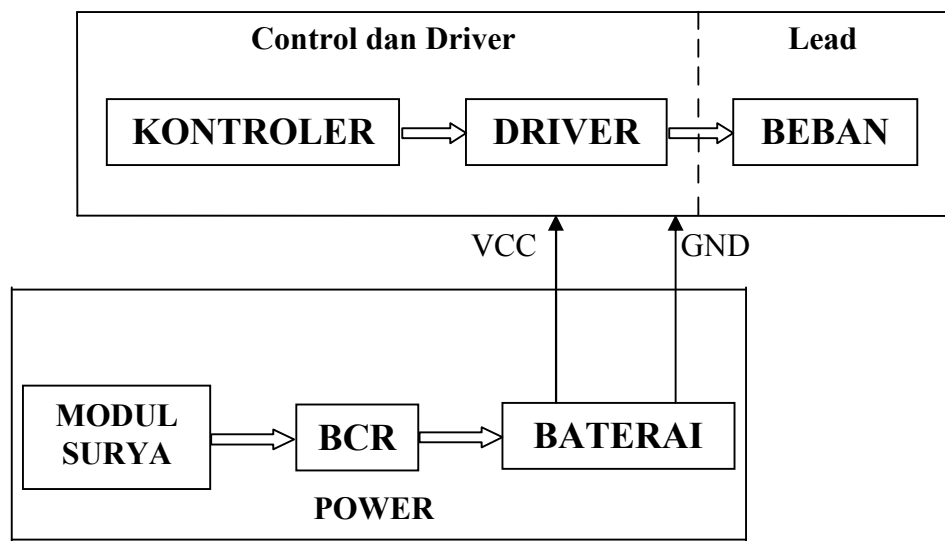
PERANCANGAN SISTEM DAN PEMBUATAN MINIATUR

3.1. Pendahuluan

Perancangan merupakan suatu tahap yang penting dalam proses realisasi suatu sistem. Bahasan dalam Bab III ini dibagi atas tiga bagian. Bagian pertama yaitu diskripsi membahas diagram blok dan cara kerja sistem. Pada bagian kedua dijelaskan metode perancangan dan spesifikasi sistem yang dihasilkan, dan pada bagian ketiga dijelaskan proses pembuatan prototipe.

3.2. Cara Kerja Sistem

Sistem PLTS sebagai pencatu daya lampu lalu lintas yang dirancang pada tugas akhir ini terdiri dari dua bagian utama yaitu sistem PLTS dan sistem kontrol. Seperti diperlihatkan pada gambar 3.1, sistem PLTS terdiri dari modul surya, BCR, dan baterai, sedangkan sistem kontrol terdiri dari kontroler dan driver.



Gambar 3.1. Diagram Blok Sistem

Modul surya akan menyerap cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaiik. Listrik yang dihasilkan berupa arus searah (DC) kemudian diteruskan ke BCR. BCR disini berfungsi untuk mengatur

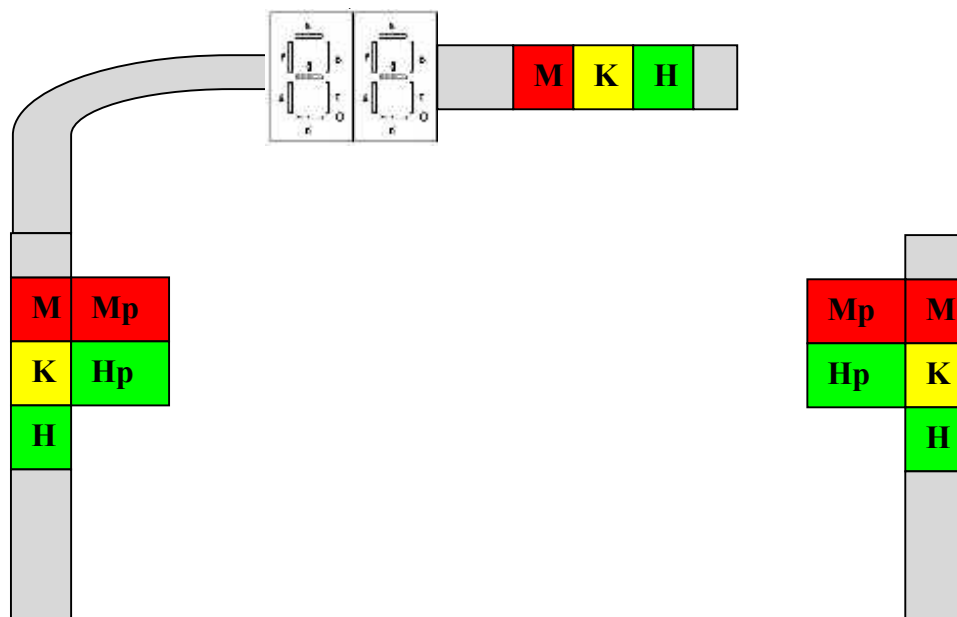
arus dari modul surya yang akan diisikan ke baterai sekaligus mengatur arus yang akan ditarik dari baterai. Fungsi BCR adalah menjaga supaya tidak terjadinya overcharging dan overdischarging pada baterai. Baterai disini berfungsi sebagai sumber catu daya bagian kontrol, *drive* dan beban. Sedangkan bagian kontrol dan *driver* disini akan mengatur hidup dan matinya beban (lampu lalu lintas). Sinyal output yang dihasilkan dari kontrol dan *drive* digunakan untuk mengatur lampu lalu lintas.

3.3. Perancangan Sistem

Tahapan yang dilalui dalam perancangan sistem PLTS pada tugas akhir ini meliputi:

3.3.1. Studi Beban

Beban yang akan dirancang dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah:



Keterangan : M = Merah

K = Kuning

H = Hijau

Mp = Merah pejalan kaki

Hp = Hijau pejalan kaki

Gambar 3.2. *Traffic Light* per titik persimpangan empat

Studi beban dilakukan pada lampu lalu lintas atau *Traffic Light* (TL) di satu persimpangan empat yang ada di Pekanbaru. Waktu menyala *traffic light* merah-kuning-hijau dalam sehari selama 17,75 jam yaitu dari jam 05.45 WIB sampai dengan 23.00 WIB, sedangkan waktu yang menyala hanya *traffic light* kuning dalam sehari selama 6,25 jam yaitu dari jam 23.30 WIB sampai dengan 05.45 WIB. Lama lampu lalu lintas menyala selama 24 jam. Beban yang digunakan pada perancangan tugas akhir ini terdiri dari tiga buah *traffic light* 3 warna (R-Y-G) per titik *traffic light* di persimpangan empat, dua buah *traffic light* 2 warna (R-G) per titik *traffic light* di persimpangan empat, satu buah *counting down* per titik *traffic light* di persimpangan empat, dan satu unit kontrol. Untuk pencarian daya pada beban adalah sebagai berikut:

1. Lampu TL setiap saat nyala dalam waktu 17,75 jam sebanyak 20 buah lampu TL yang terdiri dari:

- a. 1 lampu TL hijau nyala sebanyak 3 buah $= (1 \times 3) \times 15 \text{ Watt}$
 $= 45 \text{ Watt}$

$$3 \text{ lampu TL merah nyala sebanyak 3 buah} = (3 \times 3) \times 15 \text{ Watt}$$

$$= 135 \text{ Watt}$$

$$\text{Total daya} = 45 \text{ Watt} + 135 \text{ Watt}$$

$$= 180 \text{ Watt}$$

- b. 1 lampu TL Mp nyala sebanyak 2 buah $= (1 \times 2) \times 15 \text{ Watt}$
 $= 30 \text{ Watt}$

$$3 \text{ lampu TL Hp nyala sebanyak 2 buah} = (3 \times 2) \times 15 \text{ Watt}$$

$$= 90 \text{ Watt}$$

$$\text{Total daya} = 30 \text{ Watt} + 90 \text{ Watt}$$

$$= 120 \text{ Watt}$$

$$\text{Jadi total daya dalam waktu 17,75 jam} = \text{total daya poin a} + \text{total daya}$$

$$\text{poin b diatas}$$

$$= 135 \text{ Watt} + 120 \text{ Watt}$$

$$= 225 \text{ Watt}$$

2. Lampu TL setiap saat rata-rata nyala dalam waktu 6,25 jam sebanyak 12 buah lampu TL yang terdiri dari:
 - 2 lampu TL kuning 6 buah = $(2 \times 6) \times 15 \text{ Watt}$
= 180 Watt
3. *Counting Down* setiap saat nyala dalam waktu 17,75 jam sebanyak 4 buah lampu TL. Jumlah daya sebagai berikut:
 - 4 Counting Down = $4 \times 20 \text{ Watt}$
= 80 Watt
4. Kontrol dan drive setiap saat nyala dalam waktu 17,75 jam dan 6,25 jam. Jumlah daya sebagai berikut:
 - Daya yang dibutuhkan = $1 \times (0,5 \times 36 \text{ Watt}) \times 24 \text{ jam}$
= 18 Watt x 24 jam
= 384 Watt

Sebagai catatan, dikarenakan daya TL merah 15 Watt, kuning 15 Watt, dan hijau 12 maka dirata-ratakan berdaya 15 Watt per lampu TL.

Dalam satu siklus dari arah utara ke barat yang arahnya searah jarum jam nyala lampu TL selama 120 detik (2 menit), terdiri dari merah 85 detik, kuning 10 detik, hijau 25 detik. Untuk mencari lama menyala lampu TL dalam waktu 17,75 jam adalah sebagai berikut:

$$17,75 \text{ jam} = 1065 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu nyala dalam } 17,75 \text{ jam} &= 1065 \text{ menit} \div 2 \text{ menit} \\ &= 532,5 \text{ menit} \\ &= 8,9 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi dalam waktu 17,75 jam lampu TL menghabiskan waktu nyala selama 8,9 jam.

Untuk daya total beban yang digunakan pada perancangan ini dapat dilihat pada tabel 3.1 profil beban dibawah ini:

Tabel 3.1. Profil beban selama sehari

No	Jenis	Daya (W)	Lama nyala (jam)	Total
1.	Mode 1 Hidup lampu TL selama 17,75 jam (setiap saat pada mode 1 nyala 20 buah lampu)	225 Watt	8,9 jam	2002,5 Wh
2.	Mode 2 Hidup lampu TL Selama 6,25 jam (setiap saat pada mode 2 nyala 12 buah lampu)	180 Watt	6,25 jam	1125 Wh
3.	<i>Counting Down</i>	80 Watt	8,9 jam	712 Wh
4.	Kontrol			384 Wh
E _{tot} (Total beban)				4223,5 Wh

Adapun spesifikasi *traffic light* dan *countig down* sebagai berikut:

a. *Traffic Light* 3 Warna (R-Y-G)

Spesifikasi dan ukuran *Traffic Light* 3 warna (R-Y-G) :

1. Lampu bernyala bergantian Merah, Kuning, dan Hijau maka sehari rata-rata menyala selama 8 jam, maka umur nyala $100.000 : 8 : 365 = \pm 34$ tahun.
2. Dapat dipasang pada semua jenis box lampu traffic light dengan ukuran yang sama.
3. Module LED (Merah, Kuning, Hijau).

Tabel 3.2. Spesifikasi Ukuran

	Diameter 300 mm		
Warna LED	Merah	Kuning	Hijau
Intensitas Cahaya	375 cd	450 cd	600 cd
Panjang Gelombang	615 nm	529 nm	501 nm
Jumlah LED	240 Buah		
Konsumsi Daya	15 Watt	15 Watt	12 Watt



Gambar 3.3. *Traffic Light* 3 Warna
(Sumber: <http://www.qumicon.com>, 2011)

b. *Traffic Light* 2 Warna (R-G)

Spesifikasi dan ukuran *Traffic Light* 2 warna (R-G) :

1. Umur nyala lebih lama.

Secara teknis nyala lampu LED = 100.000 jam jika dipakai untuk traffic light bergantian Merah, Kuning, dan Hijau maka sehari rata-rata menyala selama 8 jam, maka umur nyala $100.000 : 8 : 365 = \pm 34$ tahun.

2. Module LED Merah 15 Watt.
3. Module LED Hijau 12 Watt.



Gambar 3.4. *Traffic Light* 2 Warna
(Sumber: <http://www.qumicon.com>, 2011)

c. *Counting Down*

Spesifikasi dan ukuran *counting down*:

1. Jumlah Digit : 2,5 Digit
2. Ukuran Digit : T. 40 cm L. 20 cm
3. Ukuran Box : 50 cm x 75 cm x 10 cm
4. Warna Tampilan : Merah dan Hijau
5. Jenis LED : Ultra Bright Ø 5 mm, 1000 mcd
6. Jumlah LED/Segment : Hijau 24 buah, Merah 24 buah
7. Tegangan Kerja : 220 V AC/ 24 V DC/ 12 V DC
8. Konsumsi Daya : 20 Watt



Gambar 3.5. *Counting Down*

(Sumber: <http://www.qumicon.com>, 2011)

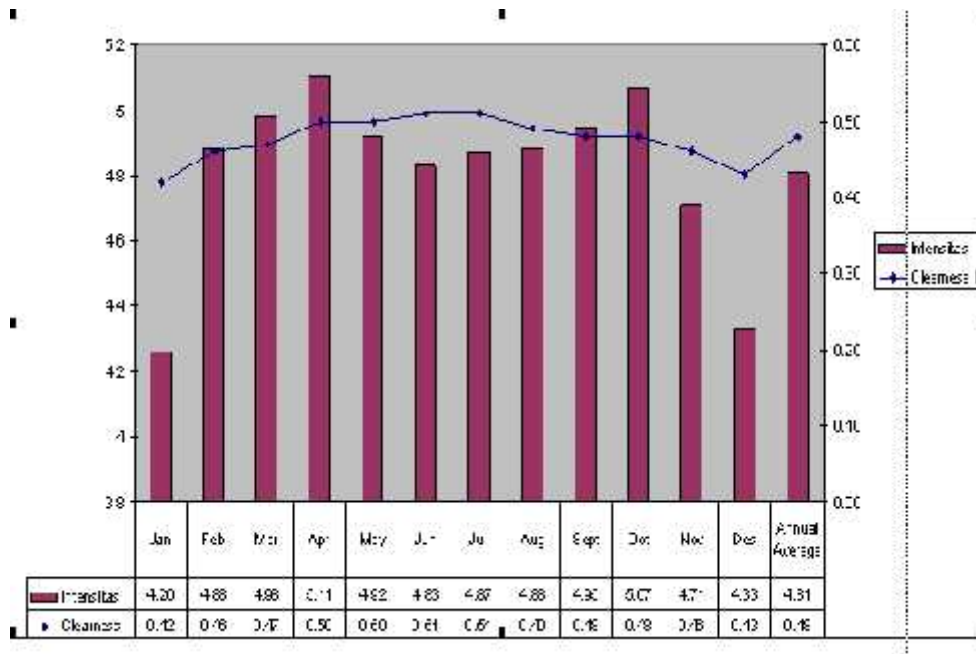
3.3.2. Menentukan Intensitas Matahari

Cahaya matahari merupakan sumber energi pada sistem PLTS. Dalam perancangan sistem PLTS untuk lampu lalu lintas di Pekanbaru ini, data intensitas cahaya matahari diperoleh dari database Surface Meteorology and Solar Energy (SMSE) milik National Aeronautics and Space Administration (NASA) Amerika Serikat, menggunakan username dan password khusus. Untuk mendapatkan data

dari SMSE NASA diperlukan informasi lokasi Pekanbaru. Koordinat Pekanbaru, menurut Google Earth adalah 0,31 LU dan 101,26 BT.

Database SMSE memiliki banyak parameter, dua diantaranya digunakan pada tugas akhir ini yaitu intensitas radiasi matahari rata-rata perbulan pada permukaan horizontal (dalam kWh/m²/hari), dan indeks kecerahan langit (clearness index).

Kedua informasi ini dapat di gunakan untuk menentukan kualitas energi matahari di Pekanbaru. Gambar 3.6 menunjukkan rata-rata kWh/ m²/hari dan clearness index di Pekanbaru menurut bulan dalam setahun.



Gambar 3.6. Intensitas cahaya matahari dan *Clearness Index* di Pekanbaru
(Sumber: SMSE NASA, 2011)

Intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada bulan April yaitu 5,11 kWh m²/hari, dan intensitas cahaya matahari terendah terjadi di bulan Januari yaitu 4,26 kWh m²/hari. Rata-rata tahunan adalah 4,81 kWh m²/hari. *Clearness Index* tertinggi terjadi pada bulan Juni dan juli yaitu 0,51, dan *clearness index* terendah pada bulan Januari yaitu 0,42 kWh m²/hari. *Clearness Index* rata-rata per tahun di Pekanbaru yaitu 0,48 kWh m²/hari.

Berdasarkan informasi di atas, dapat disimpulkan bahwa kualitas intensitas cahaya matahari di Pekanbaru adalah bagus. Alasannya adalah sebagai berikut:

1. Intensitas cahaya matahari rata-rata tahunan adalah 4,81 kWh m²/hari, mendekati 5 kWh m²/hari yang merupakan batas kualitas energi surya dapat dikategorikan bagus.
2. Karena Indonesia berada di garis khatulistiwa, variasi bulanan rendah. Hal ini menguntungkan dari aspek instalasi karena tidak diperlukan *solar tracker*.

3.3.3. Perancangan Sistem PLTS

Perancangan sistem mencakup perhitungan komponen ukuran dan spesifikasi BCR, ukuran dan spesifikasi baterai, ukuran dan spesifikasi panel surya. Perancangan ini akan dilakukan menggunakan standar *IEEE Guide for Array and Battery Sizing in Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems* yaitu IEEE Std 1562-2007 dan IEEE Std 1013-2007.

Sebelum memasuki penentuan spesifikasi alat pendukung sistem PLTS, perlu diketahui beberapa informasi umum perancangan antara lain :

1. Definisi
 - a. Otonomi: waktu yang diperlukan untuk melayani beban tanpa masukan energi dari modul dan tanpa DOD maximum baterai.
 - b. Kontrol beban: Sebuah alat kontrol listrik yang mengatur pengisian baterai dengan tegangan kontrol.
 - c. Kemungkinan beban kerugian (LOLP): kemungkinan (biasanya dinyatakan sebagai persen) dari sistem (PV) power fotovoltaiik untuk memiliki energi yang cukup untuk mendukung beban karena kurangnya radiasi matahari.
 - d. Susunan bidang (POA): sebuah alat yang berada pada sudut kemiringan yang sama dan sudut azimuth sebagai susunan (PV) fotovoltaiik.
 - e. Radiasi tenaga surya: Kepadatan daya sesaat sinar matahari diukur dalam watt per meter persegi (W/m²).

- f. Radiasi matahari: pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di matahari.
- g. Kondisi tes standar (STC): Kondisi yang berlaku di mana perangkat PV umumnya dinilai: 1000 W/m² radiasi pada distribusi spektrum massa udara (AM) 1.5 dan suhu 25 °C PV sell.
- h. Sulfation: pertumbuhan sulfat timbal (PbSO₄) kristal pada pelat positif dan negatif dari baterai timbal-asam setelah perpanjangan waktu dalam kondisi habis. "Hard" sulfation dapat diidentifikasi oleh penurunan normal pada berat jenis elektrolit setelah biaya pemerataan.
- i. Jam matahari: Lamanya waktu dalam jam pada tingkat radiasi matahari dari 1 kW/m² dibutuhkan untuk menghasilkan radiasi matahari harian yang diperoleh dari integrasi penyinaran pada siang hari.
- j. Ketersediaan: Komplemen dari kerugian-probabilitas-beban (I-LOLP), biasanya dinyatakan dalam persen.

2. Hari otonomi

Hari otonomi adalah waktu yang diperlukan oleh sistem untuk melayani beban tanpa masukan energi dari modul surya dan tanpa melewati DoD maximum baterai. Semakin lama waktu otonomi yang ditentukan maka semakin besar pula kapasitas baterai yang diperlukan dan semakin besar biaya yang dibutuhkan, dan sebaliknya. Dalam perancang sistem PLTS, digunakan waktu otonomi selama 2 hari. Artinya, sistem PLTS akan dapat melayani beban selama dua hari ketika intensitas cahaya matahari tidak cukup untuk dikonversikan pada modul surya untuk menjadi energi listrik misalnya, pada musim hujan dimana kemungkinan pada siang hari langit tertutup oleh mendung

3. Suhu berpengaruh pada modul

Modul Pv hampir selalu dinilai pada kondisi tes standar (STC). Pada kenyataannya, modul dalam sistem jarang beroperasi pada suhu 25 °C sel. Modul temperatur dapat bervariasi dari -40 °C sampai 80 °C, tergantung

pada suhu *ambient*, pemasangan struktur, kecepatan angin, dan lain-lain. Sebagai contoh, modul yang dipasang pada rak terbuka dengan udara yang mengalir di sekitarnya akan beroperasi lebih dingin dibandingkan satu dipasang langsung pada atap.

4. Sudut kemiringan modul surya (*tilt angle*)

Peletakkan sudut kemiringan modul surya ini sangat penting karena bertujuan untuk mengoptimalkan produksi energi yang dihasilkan modul surya. Sesuai dengan ketentuan standar IEEE Std 1562-2007 sudut kemiringan 15° ditambah dengan sudut lintang untuk mengoptimalkan kinerja pada musim dingin. Karena di Indonesia tidak ada musim dingin dan pada standar IEEE Std 1562-2007 tidak ada merekomendasikan untuk sudut kemiringan untuk musim panas, maka sudut kemiringan pada modul surya pada tugas akhir ini penulis menggunakan standar AS 4509-2002 sebesar 10° .

5. Penentuan bulan desain

Terdapat dua pilihan dalam menentukan bulan desain:

- a. Desain dilakukan pada bulan terburuk (*worst month*), di mana intensitas cahaya matahari paling rendah. Pilihan ini akan menjamin beban dilayani sepanjang tahun, namun biaya yang diperlukan besar. Berdasar gambar 3.6 bulan terburuk adalah Januari, yaitu $4,26 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$.
- b. Desain dilakukan pada bulan rata-rata (*average month*), di mana intensitas cahaya matahari rata-rata digunakan di dalam desain. Pilihan ini lebih murah. Sistem akan melayani beban secara penuh selama sebagian besar masa setahun, namun pada bulan-bulan di mana intensitas cahaya matahari terlalu sedikit, beban tidak bisa dilayani selama waktu otonomi yang ditentukan. Berdasarkan gambar 3.6, intensitas cahaya matahari rata-rata adalah $4,81 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$.

Setelah informasi umum di atas diketahui, selanjutnya akan memasuki penentuan spesifikasi komponen sistem PLTS. Tentunya tujuan penentuan

spesifikasi alat ini adalah supaya sistem PLTS mampu memasok energi yang dibutuhkan.

1. Ukuran dan spesifikasi baterai.

Pada perancangan tugas akhir ini untuk ukuran baterai menggunakan standar IEEE Std 1013-2007 tentang ukuran baterai yang merupakan rujukan dari standar IEEE Std 1562-2007. Baterai yang digunakan pada sistem PLTS ini harus mampu melayani beban selama waktu yang ditentukan (waktu otonomi). Untuk itu diperlukan perhitungan untuk menentukan ukuran dan spesifikasi baterai. Adapun tahapan yang akan dilalui dalam menentukan ukuran dan spesifikasi baterai sebagai berikut:

a. Tegangan sistem

Tegangan sistem yang dipakai adalah 12 VDC pada battery.

b. Waktu otonomi

Waktu otonomi adalah waktu yang diperlukan oleh sistem PLTS untuk melayani beban tanpa masukan energi dari modul surya dan tanpa melalui MDOD maximum baterai. Dalam perancang sistem PLTS pada tugas akhir ini waktu otonomi yang digunakan adalah selama 2 hari.

c. *Maximum depth of discharge* (MDOD) adalah besarnya muatan yang ditarik (*discharge*) ketika baterai terisi penuh pada kecepatan *discharge* yang dipilih. Secara umum MDOD dinyatakan dalam bentuk persentase dari kapasitas baterai, misalnya; penarikan 20 Ah dari baterai yang memiliki kapasitas 100 Ah menghasilkan *discharge* 20%. Pada tugas akhir ini MDOD yang dipilih sebesar 80 % sesuai dengan contoh pada standar IEEE Std 1013-2007, artinya sistem mengizinkan baterai untuk dikosongkan hingga menyisakan 20% muatan didalam baterai. Jika kondisi itu terjadi, maka baterai tidak akan melayani beban sebelum di isi muatan kembali.

d. Design load Ah (Ah)

Satuan energi (dalam Wh) dikonversikan menjadi Ah yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai. Beban yang digunakan dalam perancangan sebesar

4223,5 Wh. Jadi total beban harian yang harus dilayani oleh baterai adalah sebagai berikut:

$$Ah = \frac{\text{beban harian}}{\text{tegangan operasi DC}}$$

$$Ah = \frac{4223,5 \text{ Wh}}{12 \text{ VDC}}$$

$$Ah = 351,9 \text{ Ah}$$

e. Kapasitas baterai

1. Kapasitas baterai = waktu otonomi x total beban harian

$$= 2 \times 351,9 \text{ Ah}$$

$$= 703,8 \text{ Ah}$$

2. *Maximum allowable depth of discharge* (MDOD)

MDOD yang digunakan sebesar 80% sesuai dengan standar IEEE Std 1013-2007.

3. Kapasitas MDOD = kapasitas baterai ÷ MDOD

$$= 703,8 \text{ Ah} \div 80\%$$

$$= 879,6 \text{ Ah}$$

4. Maximum daily depth of discharge (MDDOD) = 20%

5. Kapasitas MDDOD = total beban harian ÷ 20%

$$= 1153 \text{ Ah} \div 20\%$$

$$= 3519 \text{ Ah}$$

6. Persen dari kapasitas pada end of life (EOL) = 80%

7. Kapasitas yang disesuaikan untuk EOL = 703,8 Ah ÷ 80%

$$= 879,6 \text{ Ah}$$

8. Untuk suhu minimum operasi = 25⁰

9. Nilai factor koreksi temperatur = 1

10. Kapasitas disesuaikan untuk temperature = 879,6 Ah

11. Nilai margin factor (\geq) = 1.1

12. Kapasitas baterai yang dibutuhkan = $879,6 \times 1,1$
= 967,6 Ah

13. *Number of strings in parallel*

Number of strings in parallel adalah jumlah percabangan baterai yang dihubungkan secara paralel. Untuk menentukan jumlah percabangan baterai yang dihubungkan secara paralel perlu diketahui spesifikasi baterai yang akan digunakan. Baterai yang digunakan adalah *Trojan 8D-AGM 12V 230Ah AGM Battery* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.3. Data spesifikasi teknis baterai

Model	8D-AGM
Weight	167 lbs
Dimensions	20.5 x 10.6 x 9.2 in
Voltage	12V
Capacity	DT
100 Hr Rate AH	230
Group Size	8D
Capacity Minutes at 25 Amps	460

Setelah spesifikasi baterai ditentukan, maka untuk menentukan *Number of strings in parallel* (NoSP) dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{NoSP} &= \frac{\text{Kapasitas baterai yang dibutuhkan}}{\text{Kapasitas (manufacture)}} \\ &= \frac{967,6 \text{ Ah}}{230 \text{ Ah}} \\ &= 4,2 \approx 5 \text{ baterai}\end{aligned}$$

14. *Number of cell/block in series*

Number of cell/block in series adalah jumlah baterai yang terhubung secara seri di setiap percabangan.

$$\begin{aligned}\text{Number of cell in series} &= \frac{\text{Tegangan operasi}}{\text{Tegangan baterai yang dipilih}} \\ &= \frac{12 \text{ VDC}}{12 \text{ VDC}} = 1\end{aligned}$$

15. *Capacity of battery bank at nominal discharge rate*

Capacity of battery bank at nominal discharge rate adalah kapasitas baterai yang dihasilkan setelah perancangan. Hasil akhir kapasitas baterai dalam perancangan tugas akhir ini adalah:

$$\begin{aligned}C_{100} (design) &= \text{kapasitas baterai yang digunakan} \times \text{NoSp} \\&= 230 \text{ Ah} \times 5 \\&= 1150 \text{ Ah}\end{aligned}$$



Gambar 3.7. *Trojan 8D-AGM 12V 230 Ah AGM Battery*

(Sumber: http://www.civicsolar.com/sites/default/files/imagecache/product_full/product_images/panels/8D-AGM.jpg, 2011)

2. Ukuran dan spesifikasi BCR

Battery Control Regulator (BCR) adalah pengontrol yang bekerja dari sistim pengisian *solar cell* ke *battery*, jika baterai sudah terisi penuh maka BCR akan memutus arus dari *solar cell*. Disamping itu BCR juga berfungsi mengontrol baterai kalau tegangan *battery* turun drop / turun secara otomatis BCR memberi perintah ke *solar cell* untuk mengisi ulang baterai. Jadi baterai yang terpasang pada BCR akan di kontrol 24 jam sehingga baterai aman dan tidak mudah rusak.

Dalam menentukan spesifikasi BCR harus mengikuti beberapa tahapan, antara lain :

- a. 100 h *rate capacity of selected cell/block*: 100 h *rate capacity of selected cell/block* adalah kapasitas yang tertera pada manufacture baterai. Pada pemilihan spesifikasi baterai sebelumnya kapasitas yang dipilih adalah 230 Ah.

b. 100 h *rate capacity of battery bank*

100 h *rate capacity of battery bank* disimbolkan dengan C_{100} adalah total kapasitas baterai yang digunakan dalam sistem PLTS. Pada penentuan spesifikasi baterai sebelumnya bahwa total kapasitas baterai sudah diketahui yaitu pada *Capacity of battery* (Design) sebesar 1150 Ah.

c. 100 h *charge rate for battery bank*

1000 h *charge rate for battery bank* disimbolkan dengan I_{100} , adalah arus maksimum yang dihasilkan oleh battery charge regulator (satuan dalam A).

$$\begin{aligned} I_{100} &= \frac{\text{100 h rate capacity for battery bank}}{100} \\ &= \frac{1150 \text{ Ah}}{100} \\ &= 11,5 \text{ A} \approx 15 \text{ A} \end{aligned}$$

d. Setelah didapatkan hasil untuk besarnya arus maksimum yang dihasilkan oleh BCR sebesar 11,5 A, maka pada tugas akhir ini BCR yang digunakan sebesar 15 A sesuai dengan data spesifikasi BCR 15A – 12V DC yang ada beredar dipasaran. Adapun spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 3.4:

Tabel 3.4. Spesifikasi BCR 15A – 12V DC

Tegangan Keluar	12 VDC
Konsumsi Daya	10 mA (Standbay)
Arus Keluar	15A (Max)
Posisi Matikan Charge Battery	14.50 +/- 0.01 V
Posisi Mengisi Ulang Battery	13.80 +/- 0.10 V
Matikan Tegangan Load (Shutdown)	11.20 +/-0.01 V
Ulang Tegangan Keluar Load	12.60 +/- 0.01 V
Peringatan Bunyi Battery Lemah	11.60 +/- 0.10 V
Bentuk	Persegi Panjang
Ukuran	170mm x 105mm x 30mm

(Sumber: <http://www.powerbell.co.id/detail/BELL--Battery-Control-Regulator-15A---12V-%28-Digital-%29>, 2011)

Battery Control Regulator ini dilengkapi sistim proteksi yaitu: Pemasangan kabel positif dan negatif ke terminal input *solar cell* terbalik display

digital tidak akan tampil / menyala, pemasangan kabel positif dan negatif ke terminal input *solar cell* benar maka display digital akan tampil tulisan nobt (pertanda tidak ada baterai), Pemasangan kabel positif dan negatif ke terminal input *battery* terbalik display digital akan tampil tulisan eror (pertanda salah pasang kabel positif dan negatif baterai, indikator led Fault menyala), pemasangan kabel positif dan negatif terjadi hubungan arus pendek / *short circuit* maka sekering pengaman akan putus, dan jika beban lebih dari 20A maka sekering pengaman akan putus. Bentuk BCR 20A – 12V DC dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini:



Gambar 3.8. BCR 20A – 12V DC

(Sumber: <http://www.powerbell.co.id/detail/BELL--Battery-Control-Regulator-15A---12V-%28-Digital-%29>, 2011)

3. Ukuran dan spesifikasi modul surya

Tujuan penentuan spesifikasi modul surya adalah supaya nantinya modul surya mampu mengisi energi ke baterai yang nantinya bisa digunakan untuk disalurkan ke beban sesuai dengan waktu otonomi yang telah ditentukan. Dalam menentukan spesifikasi modul surya perlu diketahui tahapan yang akan dilalui, adapun tahapannya meliputi:

a. *Sun hours* (jam matahari)

Nilai intensitas cahaya matahari yang jatuh pada bidang modul dengan kemiringan tilt angle 10^0 pada bulan terburuk adalah bulan Januari, yaitu $4,26 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$. Untuk itu nilai *sun hours* yang digunakan adalah pada bulan terburuk. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, tujuan

menggunakan intensitas cahaya matahari pada bulan terburuk adalah supaya nantinya sistem PLTS mampu menyuplai energi setiap saat.

- b. Nilai umum yang digunakan untuk A:L pada beban non-kritis dan daerah dengan radiasi matahari tinggi sebesar 1,1 - 1,2, sedangkan untuk beban kritis atau daerah dengan radiasi matahari rendah sebesar 1,3 - 1,4. Pada tugas akhir ini akan menggunakan A:L sebesar 1,2.
- c. *System losses* perlu diperkirakan dan dimasukkan dalam perhitungan. Kerugian ini mungkin termasuk debu di array, efisiensi muatan baterai dan lain-lain. Berdasarkan standar IEEE Std 1562-2007 system losses yang digunakan sebesar 10% - 20%. Pada tugas akhir ini akan menggunakan system losses sebesar 20%.

- d. Penentuan spesifikasi modul surya (*Selected module*)

Pada tugas akhir ini akan menggunakan modul surya dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.5. SUN Solar Panel 210 Watts 18.30 Vmp

Model	SUN-A-210-FA3
Frame Type	Black
Power (W)	210 Watt
Open Circuit Voltage (V)	22.80 Voc
Short Circuit Current (A)	12.11 Isc
Maximum Power Voltage (V)	18.30 Vmp
Maximum Power Current (A)	11.48 Imp

Bentuk dari panel surya SUN Solar Panel 210 Watts 18.30 Vmp dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. SUN Solar Panel 210 Watts 18.30 Vmp

(Sumber: <http://sunelec.com/images/SUN%20ES-A-210-fa3.jpg>, 2011)

- e. Menentukan jumlah modul PV dihubungkan seri

$$\begin{aligned} N_S &= N_{sys} / V_{mod} \\ &= \frac{12 \text{ VDC}}{12 \text{ VDC}} \\ &= 1 \text{ modul surya} \end{aligned}$$

Dimana: N_S = jumlah modul PVdihubungkan seri

N_{sys} = tegangan sistem nominal

V_{mod} = tegangan nominal modul

- f. Menentukan jumlah modul dihubung paralel

$$\begin{aligned} N_p &= (L_{DA} \times A:L) \div ((1-SL) \times I_{mp} \times SH)) \\ &= (351,9 \times 1,2) \div ((1-0,2) \times 11,48 \times 4,26)) \\ &= 10,8 \text{ panel surya} \\ &\approx 11 \text{ panel surya} \end{aligned}$$

Dimana: N_p = jumlah string paralel modul PV

L_{DA} = beban rata-rata harian

$A:L$ = rasio beban array

SL = sistem kerugian

I_{mp} = arus pada daya maksimum modul

SH = jam matahari

- g. *Number of parallel string used*

Number of parallel string used adalah jumlah *actual* modul surya yang dipakai dan ini ditentukan oleh *designer*. Sebelumnya sudah didapatkan jumlah modul surya yang akan dipakai yaitu 10,8 modul surya sehingga dibulatkan menjadi 11 modul surya.

- h. *Total number of modules in array*

Total number of modules in array disimbolkan dengan N , adalah total modul surya yang digunakan dalam sistem PLTS.

$$\begin{aligned}
 N &= N_p \times N_s \\
 &= 11 \times 1 \\
 &= 11 \text{ panel surya}
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah total modul surya yang dipakai pada tugas akhir ini sebanyak 11 modul surya.

Setelah melakukan perhitungan dalam perancangan untuk menentukan ukuran dan spesifikasi komponen PLTS, maka komponen yang akan digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 3.6 dibawah ini:

Tabel 3.6. Ringkasan spesifikasi komponen PLTS

Jenis	Spesifikasi		Jumlah
Panel Surya	Model	SUN-A-210-FA3	11
	Frame Type	Black	
	Power (W)	210 Watt	
	Open Circuit Voltage (V)	22.80 Voc	
	Short Circuit Current (A)	12.11 Isc	
	Maximum Power Voltage (V)	18.30 Vmp	
	Maximum Power Current (A)	11.48 Imp	
BCR	Tegangan Keluar	12 VDC	1
	Konsumsi Daya	10 mA (Standbay)	
	Arus Keluar	15A (Max)	
	Posisi Matikan Charge Battery	14.50 +/- 0.01 V	
	Posisi Mengisi Ulang Battery	13.80 +/- 0.10 V	
	Matikan Tegangan Load (Shutdown)	11.20 +/-0.01 V	
	Ulang Tegangan Keluar Load	12.60 +/- 0.01 V	
	Peringatan Bunyi Battery Lemah	11.60 +/- 0.10 V	
	Bentuk	Persegi Panjang	
	Ukuran	170mm x 105mm x 30mm	
Baterai	Model	8D-AGM	5
	Weight	167 lbs	
	Dimensions	20.5 x 10.6 x 9.2 in	
	Voltage	12V	
	Capacity	DT	
	100 Hr Rate AH	230	
	Group Size	8D	
	Capacity Minutes at 25 Amps	460	

3.3.4. Perancangan Sistem Kontrol

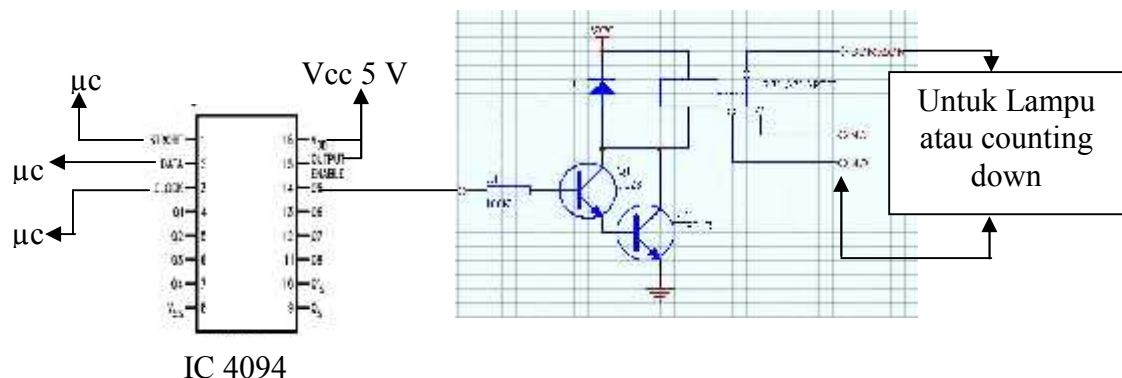
Perancangan sistem control mencakup perancangan kontrol lampu lalu lintas di persimpangan empat yang terdiri dari drive dan controller/processor. Dalam perancangan sistem kontrol pada tugas akhir ini terdiri dari dua bagian. Yang pertama perancangan perangkat lunak dan yang kedua perancangan perangkat keras. Adapun tahapan yang dilalui meliputi:

1. Perancangan perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak pada tugas akhir ini penulis menggunakan program BASCOM-8051. BASCOM-8051 merupakan software compailer dengan menggunakan bahasa basic yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS Elektronik. BASCOM-8051 ini untuk melakukan pemrograman pada mikrokontroler AT89S51. Untuk pemrogramannya sama pada poin 3.4 pembuatan miniatur.

2. Perancangan perangkat keras

Perancangan perangkat keras pada tugas akhir ini menghasilkan sistem kontrol seperti pada poin 3.4 pembuatan miniatur. Yang membedakannya adalah pada driver untuk beban. Pada tugas akhir ini beban yang digunakan berupa lampu lalu lintas dan counting down yang mempunyai tegangan 12 Volt DC yang tertera pada poin 3.3.1. Sedangkan beban yang digunakan pada poin 3.4 adalah LED dan 7-segment yang mempunyai tegangan sebesar 3 Volt DC. Sebagai contoh untuk satu lampu lalu lintas dan satu counting down driver yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Rangkaian driver untuk lampu lalu lintas

3.4. Pembuatan miniatur

Dalam pembuatan miniatur ini menggunakan metode yang sama dengan metode perancangan Bab III poin 3.3 di atas. Namun pembuatan miniatur ini akan dilakukan dalam ukuran atau skala kecil. Tahapan yang dilalui dalam pembuatan prototipe pada tugas akhir ini terdiri dari tiga bagian utama. Bagian pertama beban yang digunakan terdiri dari LED dan 7-segment. Bagian kedua pembuatan sistem PLTS yang terdiri dari modul panel surya, BCR dan battery. Bagian ketiga pembuatan sistem kontrol yang terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras.

3.4.1. Beban

Pada pembuatan miniatur ini beban yang digunakan berupa LED dan 7-segment. LED terdiri dari tiga warna merah, kuning dan hijau. 7-segment yang digunakan jenis common anoda dan ukuran dari 7-segment sebesar 0,56 inci.

3.4.2. Pembuatan sistem PLTS

Pada pembuatan sistem PLTS ini modul panel surya yang digunakan sebesar 10 Watt, BCR 12 Volt 10 Ampere dan *battery* 12 Volt 5AH. Adapun spesifikasi dari komponen PLTS meliputi:

- a. Modul panel surya

Spesifikasi modul surya 10 Watt:

Tabel 3.7. Spesifikasi modul panel surya

Tenaga Maksimal	10Wp
Tenaga Optimum Voltage	17.64V
Tenaga Optimum Arus (Imp)	0.56 A
Tenaga sirkuit terbuka (VOC)	21.92 V
Arus pendek sirkuit (Isc)	0.6A
Solar Cell	62.5*31.25 Mono
Nomor Cell (Pcs)	4*9
Ukuran Modul (mm)	360*360
Ketebalan kaca (mm)	3.2
koefisien suhu Isc (%)°C	+0.04
koefisien suhu Voc (%)°C	-0.38

koefisien suhu P_m (%)°C	-0.47
koefisien suhu I_m (%)°C	+0.04
koefisien suhu V_m (%)°C	-0.38
Ruang temperatur	-40°C to + 85°C
Toleransi Watt (e.g. +/-5%)	±5%
permukaan beban maksimum kapasitas	2400Pa
Toleransi proses beban	23m/s ,7.53g
Berat per lembar (Kg)	1.5 KG
efisiensi sel (%)	14.25%
efisiensi modul (%)	9.25%
Rangka (bahan, dan lain-lain.)	28#
Backing (Brand Type)	BELL
Garansi	15 Tahun
standar kondisi percobaan	AM1.5 1000W/m ² 25 +/-2°C
FF (%)	70-76%

(sumber: <http://www.powerbell.co.id/detail/BELL--Modul-Panel-Surya-10Wp-%28-Mono-Crystalline-%29>, 2011)



Gambar 3.11. Modul Panel Surya 10 Watt

(sumber: <http://www.powerbell.co.id/detail/BELL--Modul-Panel-Surya-10Wp-%28-Mono-Crystalline-%29>, 2011)

b. BCR

Spesifikasi BCR 12 volt 10 Ampere:

Tegangan Masuk : 12 VDC

Tegangan Keluar : 12 VDC

Konsumsi Daya	: 10 mA (Standby)
Posisi Matikan Charge Baterai	: 14.50 +/- 0.01 V
Posisi Mengisi Ulang Baterai	: 13.50 +/- 0.10 V
Matikan Tegangan Load (Shutdown)	: 11.20 +/- 0.01 V
Ulang Tegangan Keluar Load	: 12.60 +/- 0.01 V
Peringatan Bunyi Baterai Lemah	: 11.60 +/- 0.10 V



Gambar 3.12. BCR 12 Volt 10 Ampere

(sumber: <http://www.powerbell.co.id/detail/Battery-Control-Regulator-%28-BCR-%29-10-A---12-V>, 2011)

c. Baterai

Pada pembuatan miniatur ini baterai yang digunakan adalah battery honda 12 Volt 5AH.



Gambar 3.13. Baterai honda 12 Volt 5AH

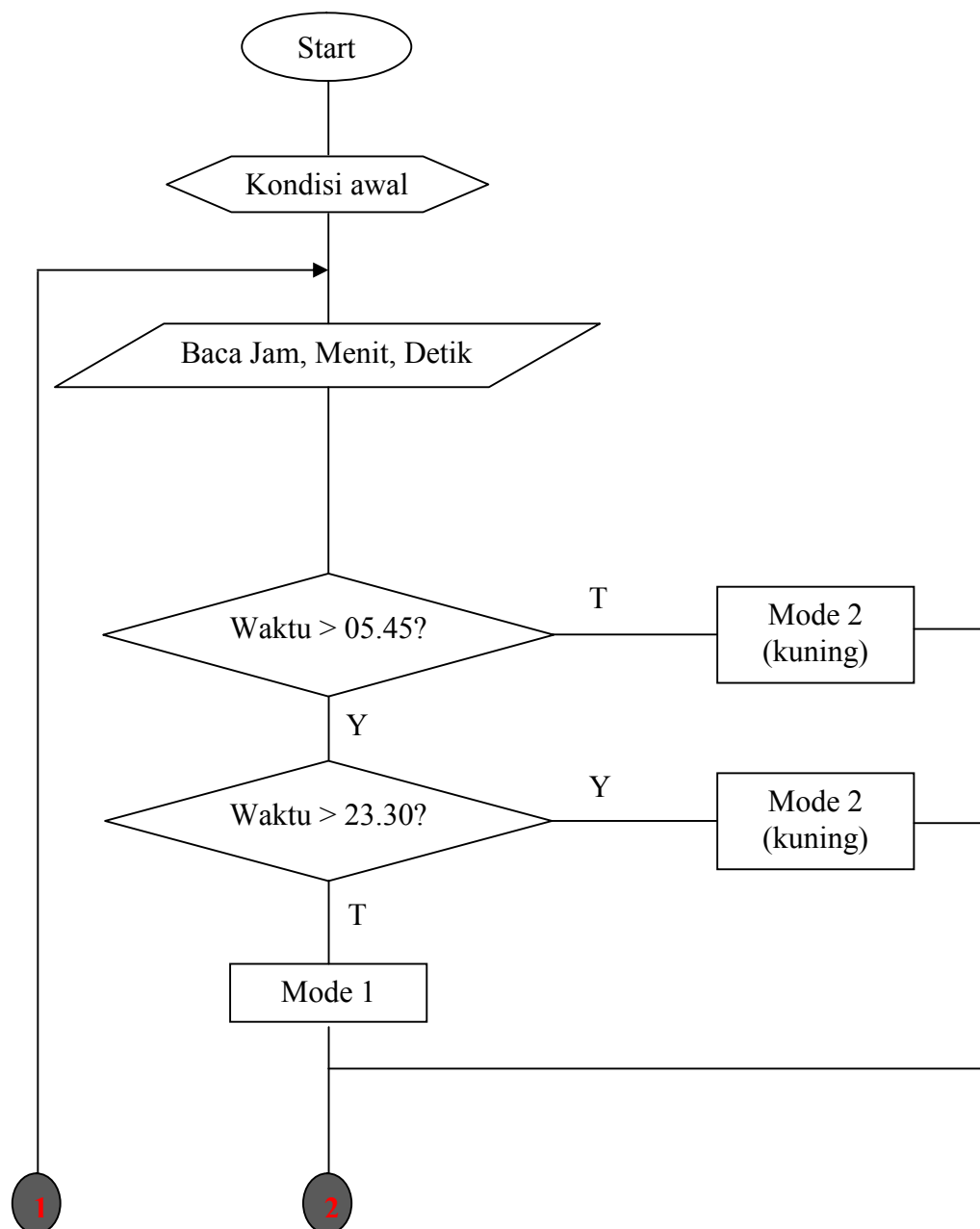
(sumber: <http://www.freeimagehosting.net/uploads/0c1904bd99.jpg>, 2011)

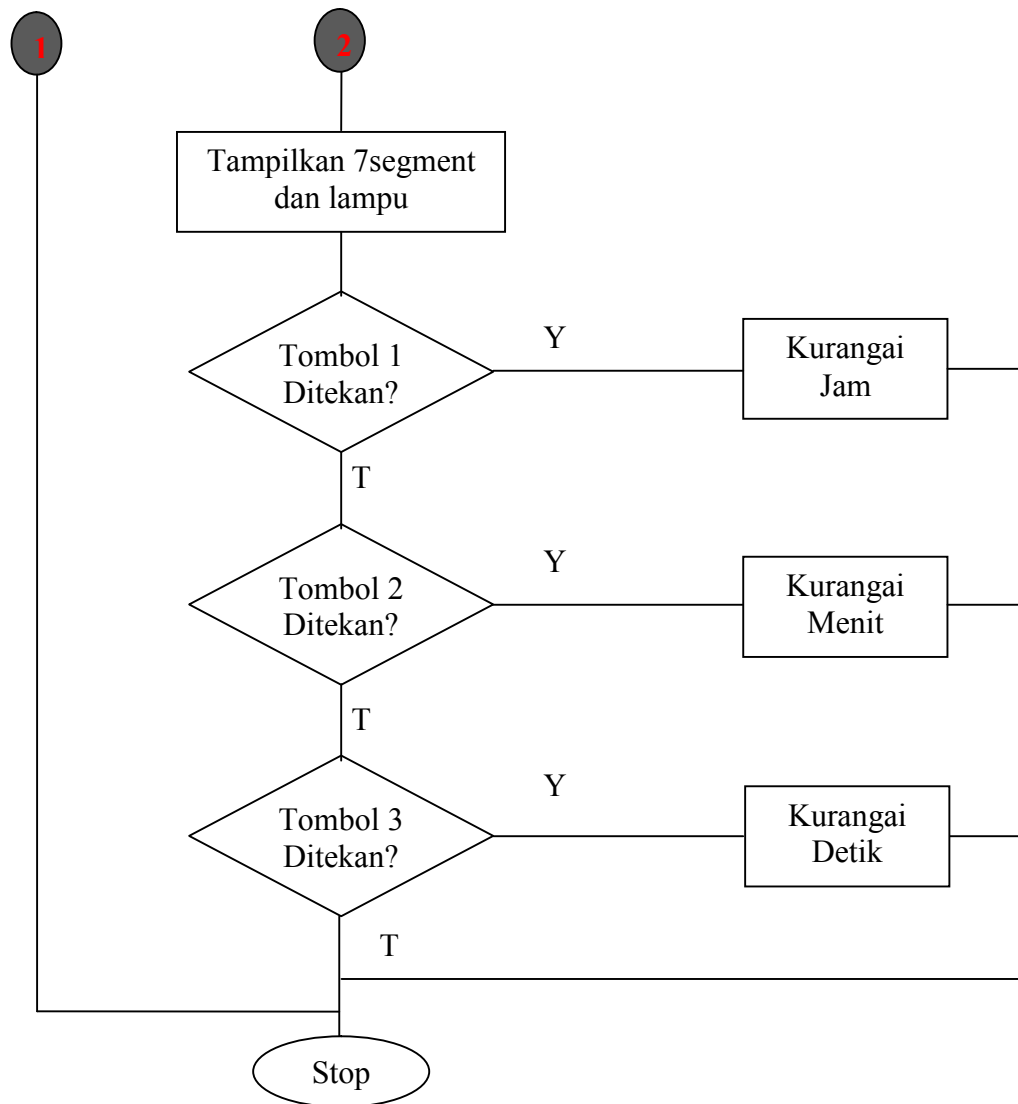
3.4.3. Pembuatan sistem kontrol

Pada bagian pembuatan sistem kontrol dibagi atas dua bagian. Bagian pertama perangkat lunak dan bagian kedua perangkat keras.

a. Perangkat lunak

Pada bagian perangkat lunak ini menggunakan program BASCOM-8051. Untuk list programnya dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah flowchart secara umum dari program:





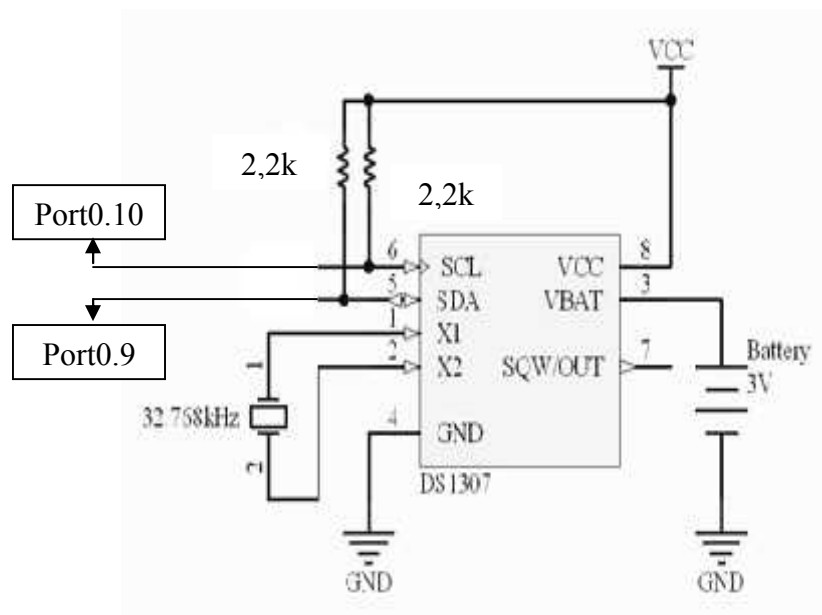
Gambar 3.14. Flowchart program keseluruhan

b. Perangkat keras

Pada perancangan perangkat keras terdiri dari:

1. Rangkaian RTC DS1307

DS1307 adalah IC serial Real Time Clock (RTC) dimana alamat dan data ditransmisikan secara serial melalui sebuah jalur data dua arah I2C. Karena menggunakan jalur data I2C maka hanya memerlukan dua buah pin saja untuk komunikasi. Yaitu pin untuk data (SDA) dan pin untuk sinyal clock (SCL).



Gambar 3.15. Rangkaian RTC DS1307

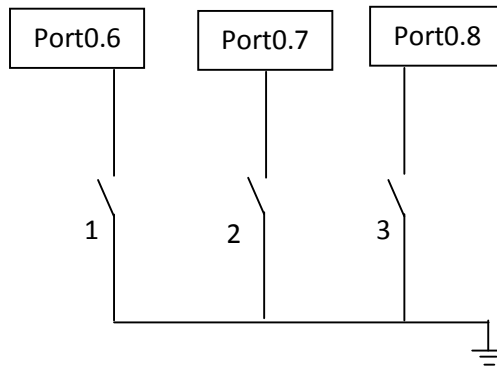
2. Tombol untuk mengurangi jam, detik dan menit

Tombol yang digunakan adalah micro switch. Pada gambar 3.16 tombol 1 untuk mengurangi jam, tombol 2 untuk mengurangi menit dan tombol 3 untuk mengurangi detik.



Gambar 3.16. Micro Switch

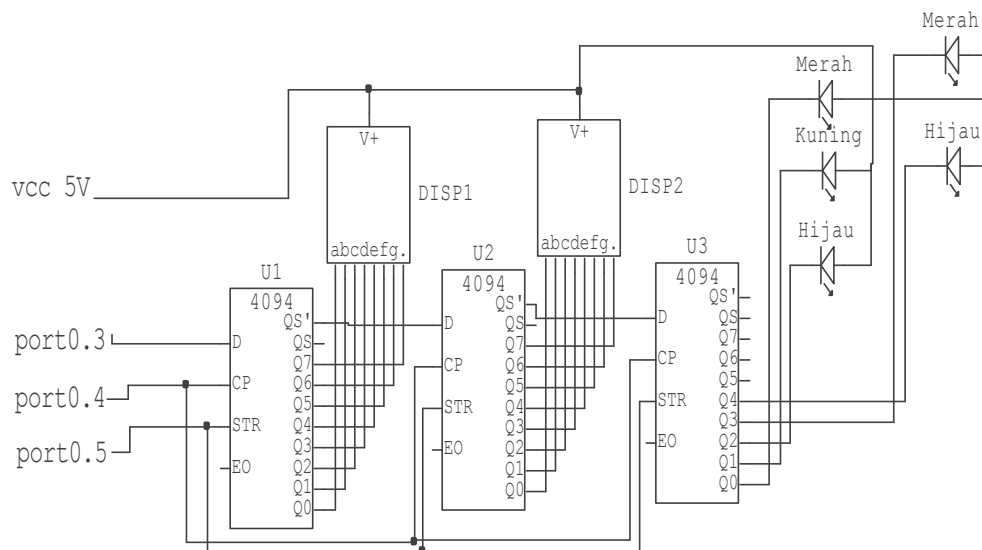
(Sumber: http://www.onlinetps.com/shop/index.php?main_page=product_info&products_id=828, 2011)



Gambar 3.17. Tombol untuk mengurangi jam, menit dan detik

3. IC 4094

Pada perancangan perangkat keras IC 4094 berfungsi sebagai driver untuk LED dan 7-segment. Untuk satu titik traffic light digunakan IC4094 sebanyak tiga buah, IC4094 yang pertama untuk puluhan pada tampilan 7-segment, IC4094 yang kedua untuk satuan pada tampilan 7-segment, dan IC4094 yang ketiga untuk lampu traffic light. Setiap kaki clock (kaki 3) pada IC4094 yang pertama sampai IC4094 yang terakhir digabung, begitu juga setiap kaki strobe (kaki 1) pada IC 4094 yang pertama sampai IC4094 yang terakhir digabung. Setiap kaki QS (kaki 10) disambung kekaki Data (kaki 2) yang terdapat pada IC4094. Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.18 dibawah ini.



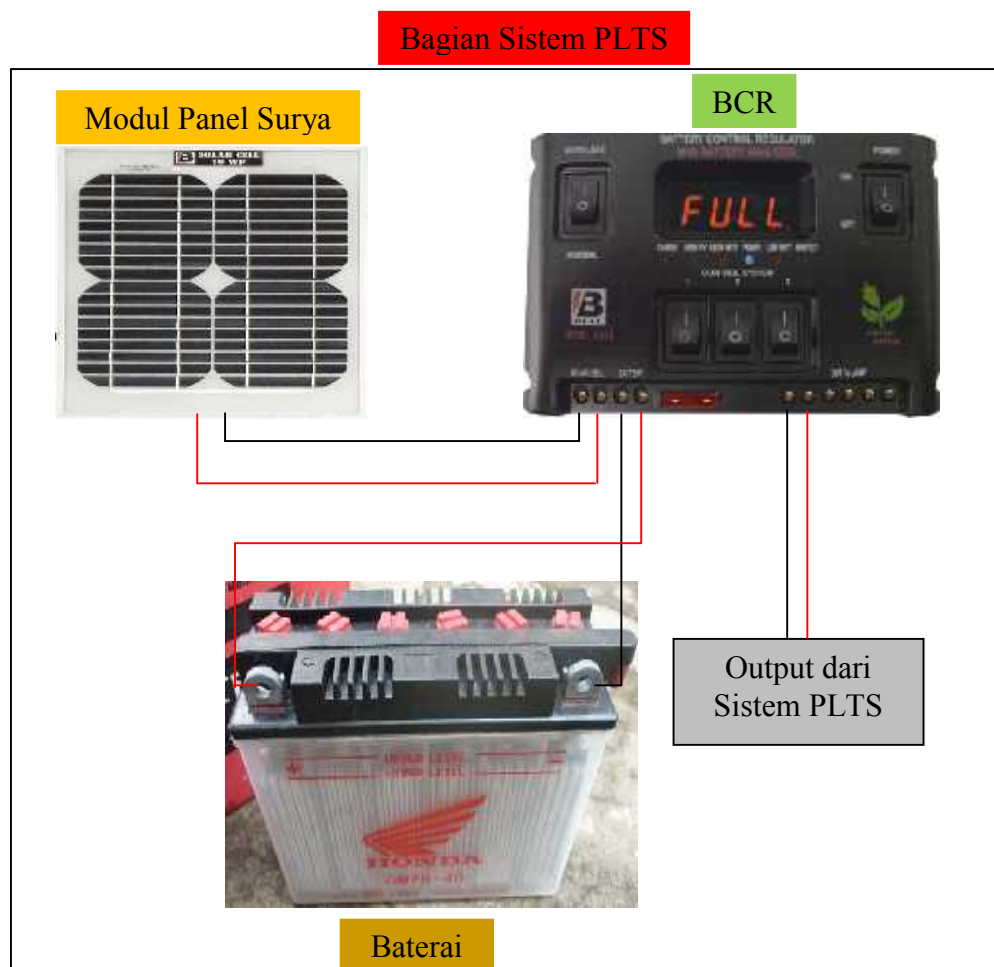
Gambar 3.18. Rangkaian driver LED dan 7-segment untuk satu titik traffic light

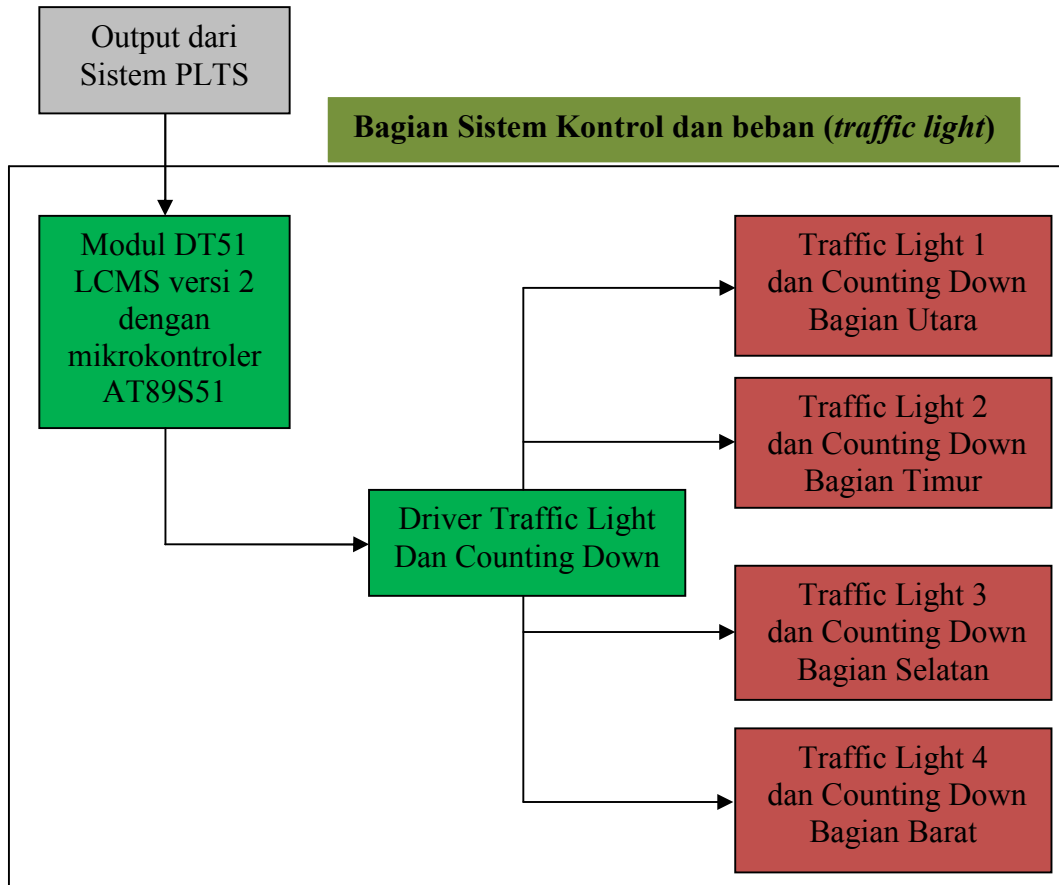
4. Modul DT51 LCMS versi 2 dengan mikrokontroler AT89S51. Pada perancangan perangkat keras pembuatan prototipe pada tugas akhir ini menggunakan modul DT51 LCMS versi 2 dengan mikrokontroler AT89S51. Untuk penjelasan modulnya uda dijelaskan pada Bab.II.



Gambar 3.19. DT51 LCMS versi 2

(sumber: http://san-eshop.com/index.php?main_page=popup_image&pID=316, 2011)





Gambar 3.20. Diagram blok prototipe yang dibuat

Cara kerja dari diagram blok prototipe yang dibuat pada gambar 3.20 yaitu modul surya akan menyerap cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaiik. Listrik yang dihasilkan berupa arus searah (DC) kemudian diteruskan ke BCR. BCR disini berfungsi untuk mengatur arus dari modul surya yang akan diisikan ke baterai sekaligus mengatur arus yang akan ditarik dari baterai. Fungsi BCR adalah menjaga supaya tidak terjadinya overcharging dan overdischarging pada battery. Baterai disini berfungsi sebagai sumber catu daya bagian control, drive dan beban (*traffic light*). Sedangkan bagian kontrol dan *driver* disini akan mengatur hidup dan matinya *traffic light*. Untuk bagian sistem kontrol dan beban dapat dilihat pada gambar 3.20. Sinyal output yang dihasilkan dari kontrol dan *drive* digunakan untuk mengatur hidup dan matiya *traffic light*. Pada gambar 3.20 siklus bergantiannya searah jarum jam

yang dimulai dari arah utara (*traffic light* 1) terus ke bagian timur (*traffic light* 2) selanjutnya ke bagian selatan (*traffic light* 3) dan yang terakhir bagian barat (*traffic light* 4). Untuk lebih jelasnya sistem pergantian hidup dan mati *traffic light* dapat dilihat pada tabel 3.8 dibawah ini:

Tabel 3.8. Siklus pergantian hidup dan mati *traffic light*

	Utara								Timur							
Siklus	x	x	x	Hp	Mp	H	K	M	x	x	x	Hp	Mp	H	K	M
96 - 120	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
91 - 95	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
66 - 90	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
61 - 65	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
36 - 60	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
31 - 35	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
6 - 30	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
1 - 5	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0

	Selatan								Barat							
Siklus	x	x	x	Hp	Mp	H	K	M	x	x	x	Hp	Mp	H	K	M
96 - 120	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
91 - 95	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
66 - 90	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
61 - 65	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
36 - 60	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
31 - 35	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
6 - 30	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
1 - 5	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1

Keterangan: M = LED merah
K = LED kuning
H = LED hijau
Mp= LED merah untuk pejalan kaki
Hp= LED hijau untuk pejalan kaki

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

Pada Bab ini akan membahas tentang biaya komponen dari sistem yang dirancang dan analisa perancangan sistem PLTS. Bahasan biaya pada Bab IV ini terbagi atas dua bagian. Bagian pertama membahas tentang biaya sistem PLTS. Bagian kedua membahas tentang biaya pembuatan miniatur.

4.1. Biaya beban

Beban yang digunakan pada tugas akhir ini adalah lampu lalu lintas. Untuk spesifikasi beban sudah diuraikan pada Bab III poin 3.3.1. Setelah diketahui spesifikasi dari beban yang digunakan dalam perancangan, selanjutnya akan ditentukan harga masing-masing beban yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1. Daftar harga investasi awal beban untuk satu persimpangan empat lampu lalu lintas per lima tahun sekali.

Komponen	Harga /unit	Jumlah	Harga
<i>Traffic light 3 warna (R-Y-G)</i> (Sumber: http://www.qumicon.com , 2011)	Rp.2.000.000	12	Rp.24.000.000
<i>Traffic light 2 warna (R-G)</i> (Sumber: http://www.qumicon.com , 2011)	Rp.1.500.000	8	Rp.12.000.000

Counting Down (Sumber: http://www.qumicon.com , 2011)	Rp.2.000.000	4	Rp. 8.000.000
Control	Rp.5.000.000	1	Rp. 5.000.000
Total Harga (investasi awal)			Rp.44.000.000

Sebagai catatan bahwa harga pada tabel 4.1 diatas tidak termasuk biaya pengiriman barang, biaya tiang *traffic light*, kabel, kotak control dan instalasi yang digunakan dalam sistem ini.

4.2. Biaya komponen sistem PLTS

Biaya pada perancangan sistem PLTS akan dihitung selama umur investasi yang diperkirakan selama 20 tahun. Pemilihan umur investasi ini berdasarkan daya tahan panel surya yang dijual dipasaran yaitu 20-25 tahun (sumber: <http://www.tenaga-surya.com>, 2011). Perhitungan biaya komponen sistem PLTS pada tugas akhir ini menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC). Menurut Fuller (2010) *life-cycle cost analysis (LCCA)* adalah metode yang digunakan untuk menilai biaya total dari kepemilikan suatu fasilitas, mulai dari biaya awal (investasi) hingga biaya pembongkaran sistem (*decommissioning*). Namun *life-cycle costs (LCC)* dari sistem PLTS yang diusulkan di sini tidak mencakup biaya pembongkaran. Pada bagian ini akan diuraikan komponen-komponen dari LCC pada sistem PLTS untuk *traffic light* yang dirancang, yaitu biaya investasi awal dan biaya penggantian komponen.

4.2.1. Biaya investasi awal

Setelah diketahui spesifikasi dari sistem PLTS selanjutnya akan ditentukan biaya investasi awal dari komponen sistem PLTS yaitu harga masing-masing komponen. Untuk harga masing-masing komponen dari sistem PLTS dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Daftar harga komponen sistem PLTS

Komponen	Harga /unit	Jumlah	Harga
Panel surya (Sumber: http://sunelec.com/index.php?main_page=product_info&cPath=5&products_id=377 , 2011)	Rp. 3.300.000	11	Rp. 36.300.000
BCR (sumber: http://www.xantrex.com/documents/BatteryChargers/TRUECharge-2/DS20090916_TRUECHARGE2_12-volt_20_40_60.pdf , 2011)	Rp. 700.000	1	Rp. 700.000
Baterai (Sumber: http://www.civicsolar.com/product/trojan-battery-company-410-0118?qty=1 , 2011)	Rp. 4.300.000	5	Rp. 21.500.000
Total Harga			Rp. 58.500.000

Sebagai catatan bahwa harga pada tabel 4.2 diatas tidak termasuk biaya pengiriman barang, biaya tiang panel surya dan baterai, kabel,udukan modul, kotak baterai dan instalasi yang digunakan dalam sistem ini.

4.2.2. Biaya operasional dan perawatan

Pada perancangan sistem PLTS biaya operasionalnya bisa diabaikan, karena untuk setiap harinya sistem PLTS tidak memerlukan biaya agar bisa beroperasi. Perawatan modul surya hanya memerlukan perawatan yang minim yaitu dengan membersihkan bagian permukaan kaca penutup modul surya dari debu, supaya tidak menghalangi sinar matahari masuk ke *solar cell*.

4.2.3. Biaya penggantian / perbaikan komponen (*maintenance cost*)

Dalam masa operasional dalam jangka waktu selama 20 tahun, biaya penggantian / perbaikan komponen pada sistem PLTS sangat diperlukan karena beberapa komponen dari sistem PLTS seperti BCR dan baterai memiliki umur usia operasi lebih pendek dari pada usia operasi modul surya.

Maka diperlukan penggantian komponen-komponen tersebut berdasarkan usia rata-rata operasinya. Pada tugas akhir ini biaya penggantian / perbaikan menggunakan angka inflasi 6% per tahun. Angka ini diambil berdasarkan perkiraan inflasi 2011 yang disampaikan oleh Gubernur Bank Indonesia Dermin Nasution memperkirakan inflasi 2011 akan berada di kisaran 6 persen jika cuaca selama setahun kedepan terus membaik dan mendukung produksi bahan (sumber: http://berita.liputan6.com/ekbis/201101/317650/gubernur_bi_inflasi_tahun_2011_enam_persen). Adapun tahapan yang dilalui dalam penggantian / perbaikan komponen meliputi:

1. Biaya penggantian / perbaikan BCR

Harga BCR tahun sekarang adalah Rp.700.000, inflasi per tahun adalah 6% dan penggantian BCR selama 5 tahun sekali.

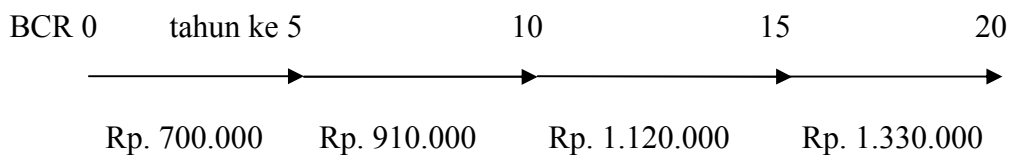
$$\begin{aligned}\text{Untuk mencari kenaikan biaya setiap 5 tahun} &= \text{Rp.700.000} \times 6\% \times 5 \\ &= \text{Rp.210.000}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk tahun ke 5-10 penggantian biaya sebesar} &= \text{Rp.700.000} + \text{Rp.210.000} \\ &= \text{Rp.910.000}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk tahun ke 10-15 penggantian biaya sebesar} &= \text{Rp.910.000} + \text{Rp.210.000} \\ &= \text{Rp.1.120.000}\end{aligned}$$

Untuk tahun ke 15-20 penggantian biaya sebesar $= \text{Rp.}1.120.000 + \text{Rp.}210.000$
 $= \text{Rp.}1.330.000$

Jadi total penggantian BCR selama umur investasi adalah $\text{Rp.}4.060.000$.
 Dari penjabaran perhitungan diatas untuk lebih jelasnya melihat biaya penggantian BCR selama umur investasi dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Menunjukkan waktu dan biaya penggantian

2. Biaya penggantian / perbaikan baterai

Harga baterai tahun sekarang adalah $\text{Rp.} 4.300.000$, inflasi per tahun adalah 6% dan penggantian baterai selama 5 tahun sekali.

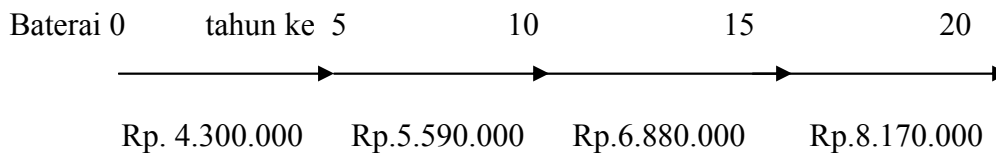
Untuk mencari kenaikan biaya setiap 5 tahun $= \text{Rp.} 4.300.000 \times 6\% \times 5$
 $= \text{Rp.}1.290.000$

Untuk tahun ke 5-10 penggantian biaya sebesar $= \text{Rp.} 4.300.000 + \text{Rp.}1.290.000$
 $= \text{Rp.}5.590.000$

Untuk tahun ke 10-15 penggantian biaya sebesar $= \text{Rp.}5.590.000 + \text{Rp.}1.290.000$
 $= \text{Rp.}6.880.000$

Untuk tahun ke 15-20 penggantian biaya sebesar $= \text{Rp.}6.880.000 + \text{Rp.}1.290.000$
 $= \text{Rp.}8.170.000$

Jadi total penggantian baterai selama umur investasi adalah $\text{Rp.} 24.940.000$. Dari penjabaran perhitungan diatas untuk lebih jelasnya melihat biaya penggantian baterai selama umur investasi dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Menunjukkan waktu dan biaya penggantian baterai

Sebagai catatan untuk biaya penggantian /perbaikan modul surya tidak dikalkulasikan karena umur modul surya sama dengan umur investasi yaitu 20 tahun. Dengan didapatnya biaya penggantian/perbaikan masing-masing komponen PLTS maka total biaya penggantian/ perbaikan komponen PLTS dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3. Total biaya penggantian/perbaikan komponen PLTS

Komponen	Biaya
BCR	Rp. 4.060.000
Baterai	Rp. 24.940.000
Total Biaya	Rp. 29.000.000

4.3. Total biaya untuk sistem PLTS dan beban selama umur investasi awal

Dengan diketahuinya biaya investasi awal, biaya operasional awal, dan biaya penggantian/perbaikan masing-masing komponen maka didapat total biaya yang dikeluarkan selama umur investasi awal adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4. Total biaya untuk sistem PLTS dan beban selama umur investasi awal

Jenis	Biaya
Total biaya investasi awal beban	Rp. 44.000.000
Total biaya investasi awal sistem PLTS	Rp. 58.500.000
Total biaya pergantian komponen sistem PLTS (BCR dan baterai) selama 20 tahun	Rp. 29.000.000
Total biaya operasional	-
Jumlah Total Biaya	Rp. 131.500.000

4.4. Perbandingan biaya listrik PLN dan PLTS selama 20 tahun.

4.4.1. Biaya listrik PLN:

$$\text{Beban / hari} = 4223,5 \text{ Wh}$$

$$= 4,2 \text{ kWh}$$

$$\text{Beban / bulan} = 4,2 \text{ kWh} \times 30$$

$$= 126 \text{ kWh / bulan}$$

Berdasarkan tarif Dasar Listrik (TDL) 2010 untuk golongan P1 (pemerintah) 1300 VA sebagai berikut:

- Biaya pemakaian dan biaya kVArh golongan P1 adalah Rp. 880/kWh.
- Diterapkan rekening minimum (RM) untuk golongan P1:
$$\text{RM1} = 40 \text{ jam (jam nyala)} \times \text{daya tersambung (kVa)} \times \text{biaya pemakaian}$$
- Waktu menyala lampu lalu lintas selama 24 jam per hari.
- Daya yang digunakan untuk *traffic light* di persimpangan empat sebesar 126 kWh / bulan.
- Jumlah kWh per bulan = daya yang digunakan x waktu nyala x 30

Rekening minimum (RM):

$$\text{RM1} = 40 \times 1,3 \times 880$$

$$= \text{Rp. } 45.760 \text{ / bulan}$$

$$\text{Biaya pemakain per bulan} = \text{jumlah kWh per bulan} \times \text{biaya pemakaian}$$

$$= (4,2 \times 24 \times 30) \times 880$$

$$= 3024 \times 880$$

$$= \text{Rp. } 2.661.120$$

$$\text{Biaya total per bulan} = \text{RM1} + \text{biaya pemakain per bulan}$$

$$= \text{Rp. } 45.760 + \text{Rp. } 2.661.120$$

$$= \text{Rp. } 2.706.880$$

$$\text{Total biaya rekening listrik selama 20 tahun} = \text{Rp. } 2.706.880 \times 240 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp. } 649.651.200$$

4.4.2. Biaya listrik PLTS:

Untuk sistem PLTS tidak ada menggunakan biaya pemakaian listriknya, dikarenakan sistem PLTS menggunakan energi matahari sebagai sumber listriknya yang didapatkan secara gratis. Biaya pemakaian dari sistem PLTS yaitu hanya pergantian dari komponen PLTS yaitu BCR dan baterai setiap 5 tahun sekali selama kurun waktu 20 tahun.

Tabel 4.5. Perbandingan biaya listrik PLN dan PLTS selama 20 tahun

No	PLN	Jumlah	No	PLTS	Jumlah
1	Biaya investasi awal beban	Rp.44.000.000	1	Biaya investasi awal beban	Rp.44.000.000
2	Biaya rekening listrik selama 20 tahun	Rp. 649.651.200	2	Biaya investasi awal sistem PLTS	Rp.58.500.000
3	-	-	3	Total biaya pergantian komponen sistem PLTS (BCR dan baterai) selama 20 tahun	Rp.29.000.000
Total		Rp. 649.651.200	Total		Rp. 131.500.000

4.5. Analisa perancangan sistem PLTS

Analisa pada perancangan sistem PLTS untuk biaya operasional dapat diabaikan karena untuk setiap harinya tidak memerlukan biaya agar bisa

beroperasi. Dari tidak ada biaya operasional untuk sistem PLTS ini merupakan salah satu keuntungan utama sistem PLTS dibandingkan dengan sistem pembangkit konvensional seperti PLN dan generator diesel yang memerlukan biaya operasional tinggi.

Dalam menentukan panel surya pada perancangan untuk mencari jumlah panel surya sangat tergantung pada besarnya arus *Maximum Power Current* (I_{mp}) yang tertera pada modul surya. Jika besar arus I_{mp} bernilai kecil pada sebuah panel surya maka semakin banyak panel surya yang akan dipakai, sebaliknya jika arus I_{mp} bernilai besar maka semakin sedikit panel surya yang dipakai.

4.6. Biaya pembuatan miniatur

Setelah diketahui spesifikasi komponen pembuatan miniatur selanjutnya akan ditentukan biaya dari komponen pembuatan miniatur yaitu harga masing-masing komponen meliputi harga komponen PLTS, beban dan control. Untuk harga masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 4.76 dan total biaya pembuatan miniatur dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.6. Harga komponen pada pembuatan miniatur

Komponen	Harga per unit	Jumlah	harga
Modul DT-51 LCM ver.2	Rp.110.000	1	Rp. 110.000
IC 4094	Rp. 2.000	18	Rp. 36.000
IC DS 1307	Rp. 15.000	1	Rp. 15.000
7-Segment	Rp. 2.500	14	Rp. 35.000
Cristal 32,768khz	Rp. 2.500	1	Rp. 2.500
Micro SW	Rp. 500	3	Rp. 1.500
Soket baterai CR 3025	Rp. 3.200	1	Rp. 3.200
Soket 8pin	Rp. 400	1	Rp. 400
Soket 16pin	Rp. 500	18	Rp. 9.000
Black housing 1pin	Rp. 250	18	Rp. 4.500
Black housing 4pin	Rp. 500	16	Rp. 8.000
Black housing 5pin	Rp. 600	4	Rp. 2.400
LED merah	Rp. 500	16	Rp. 8.000

LED kuning	Rp. 500	8	Rp. 4.000
LED hijau	Rp. 500	16	Rp. 8.000
Kabel LAN 1 meter	Rp. 3.000	10	Rp. 30.000
Papan PCB	Rp. 8.000	3	Rp. 24.200
Modul Surya 10 Watt	Rp. 500.000	1	Rp. 500.000
BCR 10A 12V DC	Rp. 500.000	1	Rp. 500.000
Baterai 12V 5Ah	Rp. 120.000	1	Rp. 120.000
Kabel NYA 2x2,5mm ²	Rp. 6.500	7	Rp. 45.500
Total harga			Rp. 1.467.200

Tabel 4.7. Total biaya pembuatan miniatur

Jenis	biaya
Total harga komponen	Rp. 1.467.200
Biaya tak terduga	Rp. 232.800
Total biaya	Rp.1.700.000

4.7. Hasil dari pembuatan miniatur



Gambar 4.1. Bagian Sistem PLTS



Gambar 4.2. Bagian Sistem Kontrol dan *Traffic light*)

Gambar 4.1 merupakan bagian dari sistem PLTS yang terdiri dari panel surya, BCR, dan Baterai. Sedangkan gambar 4.2 merupakan bagian dari sistem control dan *Traffic Light* yang terdiri dari control dan *Traffic Light*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penulisan pada tugas akhir ini, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem PLTS mengikuti prosedur standar IEEE Std 1562-2007 dan standar IEEE Std 1013-2007 (khusus baterai).
2. Sistem PLTS dirancang pada bulan terburuk sehingga mampu memenuhi kebutuhan listrik sepanjang tahun pada objek penelitian. Bulan terburuk terdapat pada bulan Januari yaitu $4,26 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$.
3. Dengan beban $4223,5 \text{ Wh}$ per hari komponen dari sistem PLTS yang direkomendasikan adalah panel surya 210 Wp sebanyak sebelas buah, BCR $15\text{A}-12\text{V DC}$ sebanyak satu buah dan baterai 230 Ah sebanyak lima buah.
4. Total biaya untuk sistem PLTS *traffic light* selama umur investasi awal 5 tahun sebesar Rp. 102.500.000. Biaya ini belum termasuk biaya pengiriman barang, tiang *traffic light*, tiang modul surya, kotak kontrol, kotak baterai dan biaya instalasi.
5. Menghasilkan miniatur sistem PLTS *traffic light* berskala kecil yang merupakan rujukan dari sistem PLTS *traffic light* yang sebenarnya.

5.2. Saran

1. Diharapkan pembaca dapat memberi saran dan kritik terhadap penulis dalam perancangan sistem PLTS dan pembuatan miniatur ini, dan penulis berharap perancangan sistem PLTS dan pembuatan miniatur ini dapat dikembangkan baik aplikasi maupun rancangannya agar lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Informasi Umum PLTS – PT Azet Surya Lestari. www.tokosurya.com (diakses: 24 oktober 2010).
- IEEE *Guide for Array and Battery Sizing in Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems*. <http://standards.ieee.org> (diakses: 12 Mei 2008)
- IEEE *Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems*. <http://standards.ieee.org> (diakses: 20 July 2007)
- Christanto, Danny. Panduan Dasar Mikrokontroller Keluarga MCS51. Surabaya: Innovative Electronics, 2004.
- Giatman. Ekonomi Teknik. Rajawali pers. Jakarta, 2005.
- PT. Mco Jaya. <http://www.tenaga-surya.com/index.php/batere> (diakses :18 Oktober 2010).
- Elektroarea. <http://elektroarea.blogspot.com/2009/01/solar-sell.html> (diakses :17 Oktober 2010).
- http://www.chem-istry.org/artikel_kimia/kimia_material/solar_cell_sumber_energi_masa_depan_yang_ramah_lingkungan/ (diakses : 24 oktober 2010).
- Bursa Energi. <http://www.bursaenergi.com/modul-surya-c16.html> (diakses: 17 Oktober 2011).
- PT. Civicsolar. <http://www.civicsolar.com/product/trojan-battery-company-410-0118?qty=1> (diakses: 19 Maret 2011).
- Syahrulniawansyah.<http://syahrulniawansyah.blogspot.com/2010/12/mikrokontroler-at89s51.html> (diakses: 19 Maret 2011).
- PT. Qumicom Indonesia. Spesifikasi modul Traffic Light dan Counting Down. <http://www.qumicon.com> (diakses: 20 Maret 2011).
- PT. Berkat Energy Solltion. Spesifikasi panel surya dan BCR . <http://www.powerbell.co.id/category/Controller> (diakses: 20 Maret 2011).
- Repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22166/4/Chapter%20II.pdf (diakses: 20 Maret 2011).

Gunadarma.http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/computerscience/2010/Artikel_21105640.pdf (diakses 2 Maret 2011).